

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повне найменування інституту, факультету)

Автоматизації управління електротехнічними комплексами  
(повна назва кафедри)

**До захисту допущено  
Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ В.П. Розен  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту  
освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”  
(назва ОКР)

з напрямку підготовки (спеціальності) 6.050702 «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»  
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему: Електромеханічне обладнання та автоматизація вентиляторної  
установки адміністративної будівлі

Виконав: студент 4 курсу, групи ОА-351  
Заболотний Олексій Вячеславович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник ст. викл. ДУБОВИК В.Г.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант Електропостачання к.т.н. доцент МЕЙТА О.В.  
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант Охорона праці к.т.н., доцент КОЗЛОВ С.С.  
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
( повна назва )

Кафедра Автоматизація управління електротехнічними комплексами  
( повна назва )

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки 6.030702 «Електромеханіка»  
(шифр і назва)

Спеціальність 7.05070204 «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Проф. В.П. Розен

( прізвище ініціали )

(підпис)

“    ”    2019 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Заболотний Олексій Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Електромеханічне обладнання та автоматизація  
вентиляторної установки адміністративної будівлі

керівник проекту (роботи) Дубовик Володимир Григорович, старший викладач,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “23” травня 2019 року №1342-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічні дані системи вентиляції адміністративної  
будівлі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

**а) Загально-технічна частина :** Провести модернізацію електромеханіч-  
ного обладнання вентиляторної установки адміністративної будівлі

**б) Електропостачання:** Спроектувати систему електропостачання  
адміністративної будівлі.

**в) Спеціальна частина та автоматизація:** Розробити частотно-регульований  
електропривод по системі ПЧ-АД. Вибрати силову та апаратну частини приводу.  
Провести розрахунок параметрів регуляторів та моделювання електроприводу.  
Спроектувати систему автоматизації вентиляторної установки

**г) Охорона праці:** Розробити заходи для збереження здоров'я та працездатності  
людини в процесі роботи. Захист людини від ураження електричним струмом

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 аркуш – План першого поверху адміністративної будівлі

2 аркуш – Схема електропостачання адміністративної будівлі

3 аркуш – Функціональна схема електроприводу по схемі ПЧ-АД

4 аркуш – Автоматизація приточно-витяжної вентиляції

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<b>Загально- технічна частина</b>	СТ.ВИКЛ. ДУБОВИК В.Г.		
<b>Електропостачання</b>	К.Т.Н, доцент МЕЙТА О.В.		
<b>Спеціальна частина та автоматизація</b>	СТ. ВИКЛ. ДУБОВИК В.Г.		
<b>Охорона праці</b>	К.Т.Н., доцент КОЗЛОВ С.С.		

7. Дата видачі завдання 16 квітня 2019 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	<b>Загально- технічна частина</b>	16.04.2019	11.05.2019
2	<b>Електропостачання</b>	11.05.2019	3.06.2019
3	<b>Спеціальна частина та автоматизація</b>	16.04.2019	14.06.2019
6	<b>Охорона праці</b>	3.06.2019	12.06.2019

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Заболотний О.В**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Дубовик В.Г.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ВСТУП.....	

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	
1.1 Розрахунок параметрів внутрішнього повітря .....	
1.2 Розрахунок надходжень тепла .....	
1.2.1 Надходження тепла від людей.....	
1.2.2 Надходження тепла від джерел сонячного освітлення.....	
1.2.3 Рахунок вологовиділення в приміщенні .....	
1.2.4 Розрахунок виділення вуглекислого газу людьми .....	
1.2.5 Складання зведеної таблиці шкідливих виділень .....	
1.3 Розрахунок повітрообміну .....	
1.3.1 повітрообмін за нормативною кратністю .....	
1.3.2 повітрообмін по вуглекислому газу .....	
1.4 Повітрообмін по надлишках тепла і вологи .....	
1.4.1 Повітрообмін по надлишках тепла і вологи в теплий період року .....	
1.4.2 Повітрообмін по надлишках тепла і вологи в перехідний період року .....	
1.4.3 Повітрообмін по надлишках тепла і вологи в зимовий період року .....	
1.5 Аеродинамічний розрахунок повітровода .....	
РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА .....	
2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень.....	
2.2 Визначення розрахункових електричних на різних рівнях системи.....	
2.3 Витрати потужності в трансформаторах .....	
2.4 Вибір кількості та потужності трансформаторів .....	
2.5 Вибір конструкції РП та підстанції .....	
2.6 Вибір схеми електропостачання підприємства .....	
2.7 Вибір конструктивного виконання цехового електропостачання .....	
2.8 Апаратура керування і захисту .....	
2.9 Розрахунок електричної мережі .....	

					ДП 2410.ОА-з51-1						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Заболотний			Зміст			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Дубовик В.Г.									
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.		Смоляр В.Г.									
Затвер.		Розен В.П.									

2.10	Вибір дротів живлячих окремі ЕП .....	
2.11	Вибір захисту мережі і перевірка мережі на захист .....	
2.11.1	Вибір запобіжників .....	
2.12	Вибір автоматичних вимикачів .....	
2.13	Перевірка мережі на захищеність .....	
2.14	Розрахунок освітлювального навантаження .....	
2.15	Розрахунок струмів короткого замикання .....	
2.15.1	Вибір базисних величин .....	
2.15.2	Складання схеми заміщення .....	
2.15.3	Розрахунок початкового значення ПО 3х фазні струми к.з. у точці к3	
2.15.4	Розрахунок ударного струму к.з. у точні к3 .....	
2.15.5	Розрахунок 3х фазного к.з. у точці к4 на низькій стороні 0,4кв.	
2.15.6	Розрахунок початкового значення періодичної складової струму к.з.	
2.16	Вибір апаратів захисту .....	
2.16.1	Перевірка кабелю на термічну стійкість до струмів к.з. ....	
2.16.2	Перевірка головного і секційного вимикача на РП .....	
2.16.3	Вибір і перевірка роз'єднувачів для ТП-10/0,4 (РП) .....	
2.16.4	Перевірка плавких запобіжників ТП-10/0,4 (РП) .....	
2.16.5	Перевірка вимикача навантаження ТП1 .....	
2.16.6	Вибір трансформатору струму .....	
2.16.7	Вибір і перевірка трансформатора напруги .....	
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....		
3.1	Дрюселювання .....	
3.2	Регулювання за допомогою перетворювача частоти .....	
3.2.1	Частотний перетворювач .....	
3.2.2	Деякі аспекти ефективності впровадження систем із частотно регульованими приводами .....	
3.2.3	Типи навантажень .....	
3.2.4	Енергетичні втрати й вид регулювання .....	
3.2.5	Режим гальмування електродвигуна й способи зупинки .....	
3.2.6	Системний підхід .....	
3.3	Вибір вентилятора .....	
3.4	Вибір двигуна .....	

3.5 розрахунок параметрів АД .....	
3.6 Розрахунок параметрів випрямляча систем ПЧ-АД.....	
3.7 Розрахунок параметрів системи ПЧ-АД для моделювання.....	
3.8 Вибір елеметної бази для реалізації системи управління.....	
3.8.1 Мікроконтролерна система керування асинхронним трифазним двигуном.....	
3.8.2 PIC — контролери .....	
3.8.3 Однокристальні AVR — мікроконтролери .....	
3.9 Вибір давачів для реалізації системи управління ПЧ-АД .....	
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
4.1 Електробезпека.....	
4.2. Параметри виборчого шуму .....	
4.3. Електромагнітне і іонізуюче випромінювання .....	
4.4. Пожона безпека і план ліквідації аварій.....	
4.5.Розрахунок системи штучного освітлення в приміщенні для установки устаткування системи автоматизації.....	
4.6.Організаційні заходи, що забезпечують безпеку роботи системи ...	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	

					ДП 2410.ОА-з51- 1пз	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

У останнє десятиріччя в нашій країні, як і в ряді, технічно розвинених зарубіжних країнах, спостерігається тенденція збільшення обсягів будівництва багатоповерхових будівель і споруд. Це пояснюється зростанням населення міст, прагненням більш ефективно використовувати дорогі земельні ділянки і зберегти природні захисні зони навколо міст, відносним скороченням витрат на будівництво та експлуатацію інженерних комунікацій, транспортних та інших систем міського обслуговування, необхідністю поліпшення побутових умов і трудової діяльності населення.

Проектування і будівництво багатоповерхових будівель і споруд є надзвичайно складною інженерною задачею, пов'язаної з цілою низкою містобудівних, архітектурно-планувальних, конструктивних, а також соціологічних, фізіологічних та інших проблем, які потребують спеціального вивчення та комплексного вирішення. Однією з таких проблем є протидимний захист багатоповерхових будівель і споруд. Протидимний захист багатоповерхових будівель і споруд включає в себе інженерно-технічні та об'ємно-планувальні рішення, спрямовані на запобігання задимлення при пожежі шляхів евакуації та зменшення їх задимлення. Ці заходи необхідні для забезпечення безпеки людей при пожежі, зменшення матеріальних втрат від пожежі, створення безпечних умов роботи для працівників органів і підрозділів з надзвичайних ситуацій з порятунку людей, виявлення та ліквідації вогнища пожежі. Вимоги до виконання систем протидимного захисту та окремих її елементів викладені в СНБ 4.02.01-03 "Опалення, вентиляція і кондиціонування". У залежності від об'ємно-планувального рішення та поверховості будівлі система протидимного захисту в себе може включати - систему димовидалення з приміщень та (або) коридорів, систему забезпечення Незадимлюваність сходових клітин, систему підпору повітря у шахти ліфтів, сходово-ліфтові, сходові і ліфтові холи.

					2410 КП.ОА-351-1.ПЗ	Лис
Змін	Лис	№ док.м.	Піппис	Лат		

## 1. Загальнотехнічна частина

### 1.1 Розрахунок параметрів внутрішнього повітря

Допустимі значення параметрів внутрішнього повітря, що використовуються для вентиляції залежно від призначення приміщення і розрахункового періоду року.

У теплий період року температура притоку  $t_{пт} = t_{нт} (л)$ ,  $t_{пт} = 21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t_{рз} = t_{пт} + 3\text{ }^{\circ}\text{C} = 24,7\text{ }^{\circ}\text{C}$

У холодний і перехідний періоди :  $t_{п} = t_{рз} - \Delta t$ ,  $^{\circ}\text{C}$

де  $t_{рз}$  приймається  $t_{рз} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Оскільки висота приміщення перевищує 4 метрів, приймаємо  $\Delta t$  рівним  $5^{\circ}\text{C}$ .

$t_{прхп} = 20 - 5 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, визначається за формулою:

$t_{уд} = t_{рз} + \text{grad } t(H - h_{рз})$ , де:

$t_{рз}$  - температура повітря в робочій зоні,  $^{\circ}\text{C}$ .

$\text{grad } t$  – перевищення температури на 1 м висоти вище за робочу зону,  $^{\circ}\text{C}/\text{м}$

$H$  - висота приміщення, м;  $H = 7,35\text{ м}$

$h_{рз}$  - висота робочої зони, м;  $h_{рз} = 2\text{ м}$ .

$\text{grad } t$  – перевищення температури на 1 м висоти вище за робочу зону,  $^{\circ}\text{C}/\text{м}$

$H$  - висота приміщення, м;  $H = 7,35\text{ м}$

$h_{рз}$  - висота робочої зони, м;  $h_{рз} = 2\text{ м}$ .

$\text{grad } t$  вибирає залежно від району будівництва.

$\text{grad } t_t = 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{м}$

$\text{grad } t_{хп} = 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{м}$

$t_{удт} = 24,7 + 0,5 \cdot (7,35 - 2) = 27,38\text{ }^{\circ}\text{C}$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Заболотний О. В.			Загальнотехнічна частина	Літ.	Арк.
Перевір.		Дубовик В.Г.					Акрушів
Реценз.							
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Затверд.							



$$t_{удхп} = 20 + 0,1 \cdot (7,35 - 2) = 20,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Результати зводимо в табл. 1.1

Таблиця 1.1 Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Найменування	Період року	Допустимі параметри			t <sub>н</sub> , °C	t <sub>уд</sub> , °C
		t <sub>рз</sub> , °C	φ <sub>рз</sub> %	q <sub>м/с</sub>		
Комплекс	Т	24,7	65	0,5	21,7	27,4
	П	20	65	0,2	15	20,5
	Х	20	65	0,2	15	20,5

## 1.2 Розрахунок надходжень тепла

### 1.2.1. Надходження тепла від людей

У розрахунку враховуємо повне тепловиділення від людей і визначаємо повне теплопонадходження по формулі:

$$Q_L = q_m \cdot n_m + q_{жс} \cdot n_{жс}, \text{ Вт}$$

де: q<sub>м</sub>, q<sub>ж</sub> – повне тепловиділення чоловіків і жінок, Вт/чел;

n<sub>м</sub>, n<sub>ж</sub> – число чоловіків і жінок в приміщенні.

Повне тепловиділення q визначимо:

Теплий період:

$$t_{рзт} = 24,7 \text{ }^{\circ}\text{C}, q = 145 \text{ Вт/чол}$$

$$Q_{лт} = 145 \cdot 130 + 70 \cdot 145 \cdot 0,85 = 27473 \text{ Вт}$$

Холодний період:

$$t_{рзхп} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}, q = 151 \text{ Вт/чол}$$

$$Q_{лхп} = 151 \cdot 130 + 70 \cdot 151 \cdot 0,85 = 28615 \text{ Вт}$$

### 1.2.2. Надходження тепла від джерел сонячного освітлення

Q<sub>осв</sub>, Вт, визначуваний по формулі:

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{ocb} = E \cdot F \cdot q_{ocb} \cdot \eta_{ocb}$$

де:

E - питома освітленість,

F - площа освітленої поверхні, м<sup>2</sup>;

q<sub>осв</sub> - питомі виділення тепла від освітлення, Вт/( м<sup>2</sup>/лк), визначається

η<sub>осв</sub> - коефіцієнт використання теплоти для освітлення, приймаємо по

$$E = 300 \text{ лк}; F = 247 \text{ м}^2; q_{ocb} = 0,55; \eta_{ocb} = 0,108$$

$$Q_{ocb} = 300 \cdot 247 \cdot 0,55 \cdot 0,108 = 4402 \text{ Вт}$$

Визначуваний як суму находження тепла через світлові отвори і покриття в теплий період року.

$$Q_{cp} = Q_{ocb} + Q_n \text{ Вт}$$

Надходження тепла через скління визначимо по формулі:

$$Q_{ocm} = (q_{en} + q_{ep}) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_0 \cdot K_{ak} \cdot \beta_{cz} \cdot F_{ocm} \text{ Вт}$$

де: q<sub>вп</sub>, q<sub>вр</sub> – питоме надходження тепла через вертикальне скління відповідно від прямої і розсіяної радіації. Вибирається для заданого в будівлі періоду роботи приміщення для кожної години.

F<sub>ост</sub> – площа скління однакової спрямованості, м<sup>2</sup>, розраховується за планом і розрізу основного приміщення будівлі.

β<sub>сз</sub> – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон.

K<sub>ак</sub> – коефіцієнт, що враховує акумуляцію тепла внутрішніми захищаючими конструкціями приміщення.

K<sub>0</sub> – коефіцієнт, що враховує тип скління.

K<sub>1</sub> – коефіцієнт, що враховує географічну широту і попадання в дану частину прямої сонячної радіації.

K<sub>2</sub> – коефіцієнт, що враховує забрудненість скління.

Розрахунок ведемо окремо для скління східної і західної сторони.

$$F_{ост. з} = 4 \cdot 21 = 84 \text{ м}^2$$

$$F_{ост. в} = 1,5 \cdot 17 = 25,5 \text{ м}^2$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta_{сз}$  – визначуваний. Для внутрішніх сонцезахисних устроїв з світлої тканини  $\beta_{сз}=0,4$

$K_{ак}=1$ , оскільки є сонцезахисні пристрої

Для помірного ступеня забруднення скління при  $\gamma=80-90\%$ ;  $K_2=0,9$

Приймаємо для одинарного скління в дерев'яних палітурках при освітленні вікон в розрахункову годину сонцем  $K_1=0,6$ , при знаходженні вікон в розрахункову годину в тіні  $K_1=1,6$ .

Надходження тепла через скління наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 Надходження тепла через скління

Години	Надходження тепла через скління, Qост, Вт	
	Захід	Південь
1	2	3
9-10	$56 \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 1016$	$(378+91) \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 6027$
10-11	$58 \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 1052$	$(193+76) \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 3457$
11-12	$63 \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 1143$	$(37+67) \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 1336$
12-13	$(37+67) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 1887$	$63 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 810$
13-14	$(193+76) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 4881$	$58 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 745$
14-15	$(378+91) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 8510$	$56 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 720$
15-16	$(504+114) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 11213$	$55 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 707$
16-17	$(547+122) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 12138$	$48 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 617$
17-18	$(523+115) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 11576$	$43 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 553$
18-19	$(423+74) \cdot 1,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 84 = 9018$	$30 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 25,5 = 900$

Надходження тепла через покриття визначаються по формулі:

$$Q_n = \left[ \frac{1}{R_0} \cdot (t_n + R_n \cdot \rho \cdot I_{cp} - t_g) + \beta \cdot K \cdot \frac{A_{ог}}{K_g} \right] \cdot F \text{ Вт}$$

$R_0$  – опір теплопередачі покриття,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$t_n$  – середньомісячна температура зовнішнього повітря за липень,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$R_n$  – термічний опір при теплообміні між зовнішнім повітрям і зовнішньою поверхнею покриття,  $\text{м}^2 \cdot \text{к}/\text{Вт}$ ;

$\rho$  - коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні покриття;

$I_{\text{ср}}$  – середньодобова (пряма і розсіяна) сумарна сонячна радіація, що потрапляє на горизонтальну поверхню, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_{\text{в}}$  – температура повітря, що видаляється з приміщення, °С;

$\beta$  – коефіцієнт для визначення величин теплового потоку, що гармонійно змінюються, приймаємо залежно від максимальної години надходження тепла;

$K_{\text{н}}$  – коефіцієнт, залежний від конструкції покриття;

$A_{\text{в}}$  – амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні захищаючих конструкцій, °С

$K_{\text{в}}$  – термічний опір при теплообміні між внутрішньою поверхнею покриття і повітрям приміщення, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$F$  – площа покриття, м<sup>2</sup>.

Із завдання  $R_0 = 0,96 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

$t_{\text{н}} = 18,1 \text{ } ^\circ\text{С}$

$R_{\text{н}}$  визначається за формулою:

$$R_{\text{н}} = \frac{0,172}{1 + 2 \cdot \sqrt{g}} \text{ де:}$$

$g$  – середня швидкість вітру, м/с, в теплий період  $g = 3,7 \text{ м/с}$

$$R_{\text{н}} = \frac{0,172}{1 + 2 \cdot \sqrt{3,7}} = 0,035 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$\rho = 0.9$ , приймаємо як покриття зовнішньої поверхні руберойд з піщаним посипанням

$t_{\text{удТ}} = 27,38 \text{ } ^\circ\text{С}$

Амплітуду коливань температури внутрішньої поверхні, °С, визначимо по формулі:

$$\dot{A}_{\text{ад}} = \frac{1}{\nu} \cdot [0,5 \cdot \dot{A}_{\text{в}} + R_{\text{т}} \cdot \rho \cdot [I_{\text{max}} - I_{\text{нд}}]]$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\upsilon$  - величина загасання амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в захисній конструкції, °С

$A_{\text{тн}}$  – максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря, °С

$I_{\text{max}}$  – максимальне значення сумарної (прямої і розсіяної) сонячної радіації, приймається для зовнішніх стін як для вертикальних поверхонь, а для покриття – як для горизонтальної поверхні.

$\upsilon = 29,7$  – за завданням

$$0,5 \cdot A_{\text{тн}} = 11$$

$$I_{\text{max}} = 837 \text{ Вт/м}^2$$

$$I_{\text{cp}} = 329 \text{ Вт/м}^2$$

$$A_{\text{в}} = 1/29,7 \cdot (11 + 0,035 \cdot 0,9 \cdot (837 - 329)) = 0,9 \text{ °С}$$

$$R_{\text{в}} = 1/\alpha = 1/8,7 = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$F = 247 \text{ м}^2$$

У формулі для  $Q_{\text{п}}$  всі величини постійні, окрім  $\beta$  - коефіцієнта для визначення величин теплового потоку, що гармонійно змінюються, в різний годинник доби.

Для знаходження  $\beta$  для заданого періоду часу по годиннику знаходимо  $Z_{\text{max}}$ .

$$Z_{\text{max}} = 13 + 2,7 \cdot D = 13 + 2,7 \cdot 3,8 = 23 - 24 = -1$$

Стандартне значення коефіцієнта  $\beta$  приймаємо а фактичного значення набуваємо шляхом зміщення на 1 годину тому.

Значення коефіцієнта  $\beta$  зводимо в таблицю 1.3.

Розрахунок надходження тепла через покриття зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.3.Значення коефіцієнта  $\beta$

Години	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\beta$	-0,5	-0,71	-0,87	-0,97	-1	-0,97	-0,87	-0,71	-0,5	-0,26	0

Таблиця 1.4. Надходження тепла через покриття

Години	Теплопоступлення через покриття, $Q_n$ , Вт
9-10	$(0,625-(0,605 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1026$
10-11	$(0,625-(0,79 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1387$
11-12	$(0,625-(0,92 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1640$
12-13	$(0,625-(0,985 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1768$
13-14	$(0,625-(0,925 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1768$
14-15	$(0,625-(0,792 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1640$
15-16	$(0,625-(0,79 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1387$
16-17	$(0,625-(0,609 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -1026$
17-18	$(0,625-(0,38 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -587,1$
18-19	$(0,625-(0,13 \cdot 7,9)) \cdot 247 = -353$

Надходження тепла за рахунок сонячної радіації зведемо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5.Зведена таблиця надходження тепла за рахунок сонячної радіації.

Години	Надходження тепла, Вт			
	Через покриття	Через скління		Всього
		Захід	Схід	
9-10	-1026	1016	6027	6017
10-11	-1387	1052	3457	3122
11-12	-1640	1143	1336	839
12-13	-1768	1887	810	929
13-14	-1768	4881	745	3858
14-15	-1640	8510	720	7590
15-16	-1387	11213	707	10533
16-17	-1026	12138	617	11729
17-18	-587	11576	553	11542
18-19	-353	9018	900	9565

На підставі розрахунку приймаємо максимальне значення надходження тепла за рахунок сонячної радіації, рівне  $Q_{cp} = 11729$  Вт в період з 16 до 17 годин.

Загальне надходження тепла визначуваний по формулі:

$$Q_n = Q_{\lambda} + Q_{осв} + Q_{cp} \text{ Вт}$$

У літній період:

$$Q_{лт} = 27478 + 0 + 11729 = 39207 \text{ Вт}$$

У перехідний період:

$$Q_{п} = 28614 + 4402 + 0,5 \cdot 11729 = 38881 \text{ Вт}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зимовий період:

$$Q_{\text{пх}} = 28614 + 4402 + 0 = 33016 \text{ Вт}$$

### 1.2.3. Розрахунок вологовиделення в приміщенні

Надходження вологи від людей,  $W_{\text{вл}}$ , г/ч, визначається по формулі:

$$W_{\text{вл}} = n_{\text{л}} \cdot w_{\text{вл}},$$

де:  $n_{\text{л}}$  – кількість людей, що виконують роботу даної тяжкості;

$w_{\text{вл}}$  – питоме вологовиделення однієї людини.

Для теплого періоду року,  $t_{\text{р.з.}} = 24,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$w_{\text{вл}} = 115 \text{ г/год} \cdot \text{чел}$$

$$W_{\text{влт}} = 130 \cdot 115 + 70 \cdot 115 \cdot 0,85 = 21792,5 \text{ г/год}$$

Для холодного і перехідного періодів року,  $t_{\text{р.з.}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$w_{\text{вл}} = 75 \text{ г/год} \cdot \text{чол}$$

$$W_{\text{влт}} = 130 \cdot 75 + 70 \cdot 75 \cdot 0,85 = 14212,5 \text{ г/год}$$

### 1.2.4. Розрахунок виділення вуглекислого газу людьми.

Кількість  $\text{CO}_2$ , що міститься в повітрі, що видихається людиною, залежить від інтенсивності праці і визначається за формулою:

$$M_{\text{CO}_2} = n_{\text{л}} \cdot m_{\text{CO}_2} \text{ г/ГОД}$$

де  $n_{\text{л}}$  – кількість людей, що знаходяться в приміщенні, чол;

$m_{\text{CO}_2}$  – питоме виділення  $\text{CO}_2$  однією людиною,

Доросла людина при легкій роботі виділяє  $m_{\text{CO}_2} = 25 \text{ г/год} \cdot \text{чол}$ .

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$m_{CO_2} = 130 \cdot 25 + 0,85 \cdot 70 \cdot 25 = 4737,5 \text{ г/год}$$

### 1.2.5. Складання зведеної таблиці шкідливих виділень

Різниця надходження тепла і втрат тепла визначає надлишки або недовліки тепла в приміщенні. У курсовому проекті ми умовно приймаємо, що система опалювання повністю компенсує втрати тепла, які матимуть місце в приміщенні. Надходження шкідливих виділень враховується для трьох періодів року: холодного, перехідного і теплого.

Результати розрахунку всіх видів шкідливих виділень зводимо в табл. 1.6.

Таблиця 1.6. Кількість шкідливих виділень

Найменування	Період року	Надлишки тепла, $\Delta Q_p$ , Вт	Надлишки вологи, $W_{вл}$ , г/ч	Кількість $CO_2$ , $m_{CO_2}$ , г/ч
Комплекс	Т	39207	21793	4738
	П	38881	14213	4738
	Х	33016	14213	4738

### 1.3. Розрахунок повітрообміну

Вентиляційні системи будівлі і їх продуктивність вибирають в результаті розрахунку повітрообміну. Послідовність розрахунку необхідного повітрообміну наступна:

- 1) задаються параметри припливного і такого, що видаляється повітря
- 2) визначають необхідний повітрообмін для заданого періоду по шкідливих виділеннях, людях і мінімальній кратності.
- 3) вибирається максимальний повітрообмін зі всіх розрахунків по різних чинниках.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 1.3.1. Повітрообмін за нормативною кратністю

Визначається по формулі:

$$L = K_{Pmin} \cdot V_P \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

$K_{Pmin}$  – мінімальна кратність повітрообміну, 1/год.

$V_P$  – розрахунковий об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ .

$$K_{Pmin} = 1 \text{ 1/год}$$

$$V_P = F_n \cdot 6;$$

$$V_P = 247 \cdot 6 = 1729 \text{ м}^3.$$

$$L = 1729 \cdot 1 = 1729 \text{ м}^3/\text{год}$$

### 1.3.2. Повітрообмін по вуглекислому газу

Визначається по формулі:

$$L = \frac{M_{CO_2}}{Y_{ПДК} - Y_{П}} \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

$M_{CO_2}$  – кількість  $CO_2$ , що виділяється, л/год,

УГДК – гранично - допустима концентрація  $CO_2$  в повітрі,  $\text{г}/\text{м}^3$ , при довготривалому перебуванні УГДК = 3,45  $\text{г}/\text{м}^3$ .

УП – вміст газу в припливному повітрі,  $\text{г}/\text{м}^3$ , УП=0,5  $\text{г}/\text{м}^3$

$$M_{CO_2} = 4738 \text{ г/год}$$

$$L = 4738 / (3,45 - 0,5) = 6317,3 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4 Повітрообмін по надлишках тепла і вологи

У приміщеннях з тепло- і вологовідлення повітрообмін визначається по Іd-діаграмі. Розрахунок повітрообмінів в приміщеннях зводиться до побудови процесів зміни параметрів повітря в приміщенні.

### 1.4.1. Повітрообмін по надлишках тепла і вологи теплий період року

На Іd-діаграмі наносимо точку Н, вона співпадає з т.П ( $t_H = 21,7^{\circ}\text{C}$ ;  $I_H = 49$  кДж/кг.св.) що характеризує параметри припливного повітря (рис 1.1).

Проводимо ізотерми внутрішнього повітря  $t_B = t_{p.з.} = 24,7^{\circ}\text{C}$  і повітря  $t_{y.д.} = 27,4^{\circ}\text{C}$ , що видається

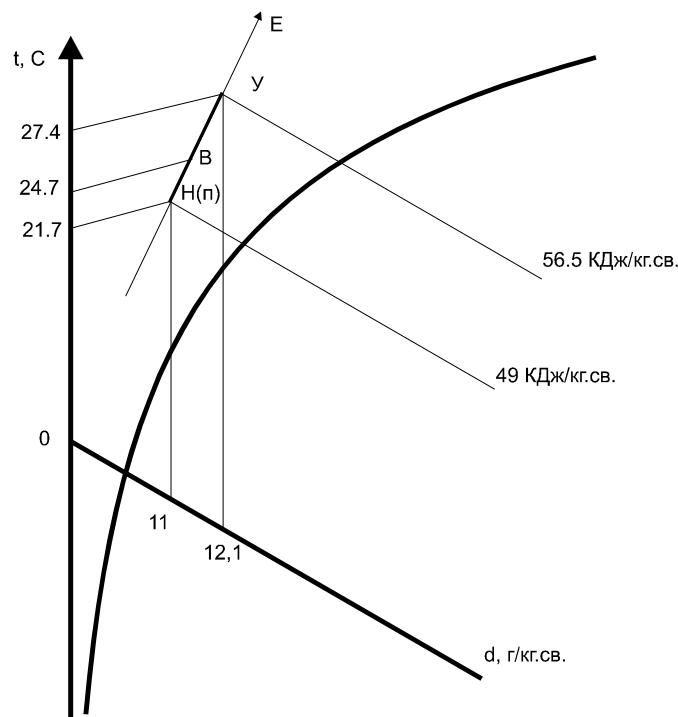


Рисунок 1.1 Теплий період року

Для отримання точок В і У проводимо промінь процесу, розрахований по формулі:

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{\Pi}}{W_{ВЛ}} \text{ кДж/кг.св.}$$

$\Delta Q_{\Pi}$  – надлишки тепла в теплий період року, Вт,

$W_{ВЛ}$  – надлишки вологи в теплий період року, кг/год,

$$E = 3,6 \cdot 39207 / 21,793 = 6477 \text{ кДж/кг.св.}$$

Точки перетину променя процесу і ізотерм  $t_{в}$ ,  $t_{у.д.}$  характеризують параметри внутрішнього і такого, що видаляється повітря.

Повітрообмін по надлишках тепла:

$$L_{\Pi} = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{\Pi}}{\rho(I_{уд} - I_{\Pi})} \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Повітрообмін по надлишках вологи:

$$L_{\Pi} = \frac{W_{ВЛ}}{\rho(d_{уд} - d_{\Pi})} \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

де  $I_{уд}$ ,  $I_{\Pi}$  – відповідно ентальпії повітря, що видаляється і припливного, кДж/кг.св.

$$I_{уд} = 56,5 \text{ кДж/кг.св.}$$

$$I_{\Pi} = 49 \text{ кДж/кг.св.}$$

$$d_{уд} = 12,1 \text{ г/кг.св.}$$

$$d_{\Pi} = 11 \text{ г/кг.св.}$$

По надлишках тепла:

$$L_{\Pi} = 3,6 \cdot 39207 / (1,2 \cdot (56,5 - 49)) = 15683 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По надлишках вологи:

$$L_{\Pi} = 21793/1,2 \cdot (12,1-11)=16509 \text{ м}^3/\text{год}$$

У розрахунок йде більший повітрообмін по надлишках вологи

$$L_{\Pi} = 16509 \text{ м}^3/\text{год}$$

#### 1.4.2. Повітрообмін по надлишках тепла і вологи в перехідний період року

У перехідний період передбачена рециркуляція повітря.

По параметрах зовнішнього повітря ( $t_H = 8^\circ\text{C}$ ,  $I_H=22,5 \text{ кДж/кг.св}$ ) будуємо точку Н (рис.1.2).

Для побудови точки У знаходимо розрахунковий приріст вмісту вологи в повітрі:

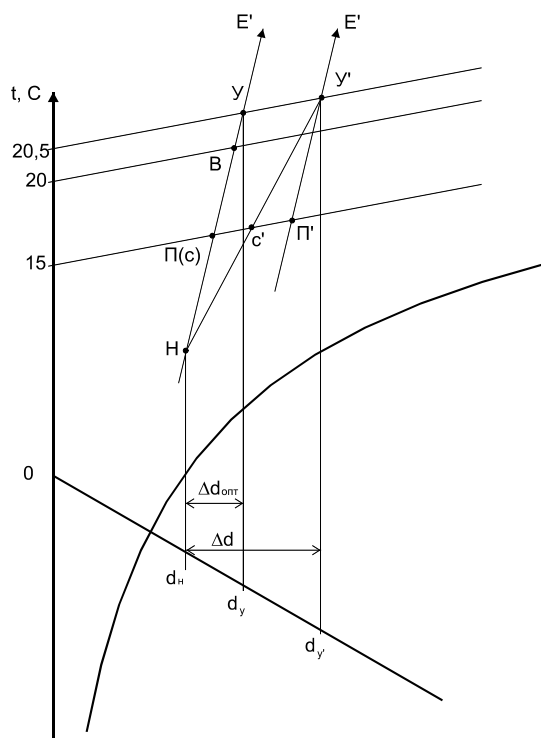


Рисунок 1.2 Перехідний період року

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta d_{HY} = \frac{W_{6.л}}{\rho \cdot L_{H \min}} = d_{yд} - d_H$$

$$W_{БЛ}=14213 \text{ г/год}$$

$$L_{H \min}=L_H \text{ (по людях)}$$

$$L_{H \text{ кр } \min}=K_{P \min} \cdot VP$$

$$L_{H \text{ кр } \min}=1729 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_{H \min}=12000 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\Delta d_{HY} = 14213 / 1,2 \cdot 12000 = 0,9 \text{ г/кг.св.}$$

$$d_{yд} = d_H + d_{HY} = 5,5 + 0,9 = 6,4 \text{ г/кг.св.}$$

Точка У знаходиться на перетині ізобари  $d_{yд} = \text{const}$  і ізотерми  $t_{yд} = \text{const}$ .

Сполучаємо точки Н і У. На цій лінії розташована точка С. визначимо її місцезнаходження. Для цього будемо промінь процесу:

$$E = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{II}}{W_{БЛ}} = \frac{3,6 \cdot 38881}{14,2} = 9848 \text{ кДж/кг.св.}$$

Проводимо промінь процесу через точку У, одержуємо на перетині з ізотермами крапки В і П. із точки П по лінії  $d = \text{const}$  опускаємося до перетину з лінією НУ, одержуємо крапку С. кількість рециркулюючого повітря,  $G_P$ , визначуваний:

$$G_{n \min} = L_{n \min} \cdot 1,2 = 14400 \text{ кг/год}$$

$$G_P = (4,6/2 - 1) \cdot G_{n \min} = 1,3 \cdot 14400 = 18720 \text{ кг/год}$$

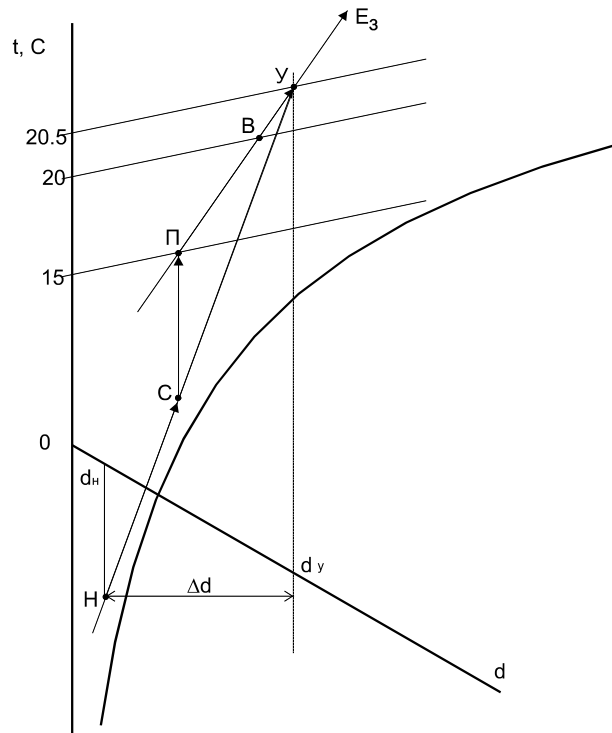
$$L_n = G_n = 15600 \text{ м}^3/\text{год}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.4.3. Повітрообмін по надлишках тепла і вологи в зимовий період року

У зимовий період також передбачена рециркуляція повітря. По параметрах зовнішнього повітря ( $t_H = -40^\circ\text{C}$ ,  $ИН = -40,2$  кДж/кг.св) будуюмо точку Н (рис.1.3).

Для побудови крапки У знаходимо розрахунковий приріст вмісту вологи



в повітрі:

Рисунок 1.3 Зимовий період року

$$\Delta d_{HY} = \frac{W_{el}}{\rho \cdot L_{Hmin}} = d_{yD} - d_H$$

$$W_{ВЛ} = 14213 \text{ г/год}$$

$$L_{Hmin} = LH \text{ (по людям)}$$

$$L_{Hmin} = 12000 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\Delta d_{HY} = 14213 / (1,2 \cdot 12000) = 0,9 \text{ г/кг.св.}$$

$$d_{yD} = d_H + d_{HY} = 0,2 + 0,9 = 1,1 \text{ г/кг.св.}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо ізотерми  $t_{yд} = 20,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_B = t_{p.з.} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_H = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Точка У знаходиться на перетині ізобари  $d_{yд} = \text{const}$  і ізотерми  $t_{yд} = \text{const}$ .

Об'єднуємо точки Н і У. на цій лінії розташована точка С. Визначаємо її місцезнаходження. Для цього будуємо промінь процесу:

$$E = \frac{3.6 \cdot \Delta Q_{II}}{W_{БЛ}} = \frac{3.6 \cdot 33016}{14.213} = 8363 \text{ кДж/кг.св}$$

Проводимо промінь процесу через точку У, одержуємо на перетині з ізотермами крапки В і П. із точки П по лінії  $d = \text{const}$  опускаємося до перетину з лінією НУ, одержуємо крапку С. кількість рециркулюючого повітря,  $G_P$ , визначуваній:

$$G_{n \min} = L_{n \min} \cdot 1.2 = 14400 \text{ кг/Год}$$

$$G_P = \left( \frac{l_{HY}}{l_{CV}} - 1 \right) \cdot G_{H \min} = \left( \frac{20.7}{14} - 1 \right) \cdot 14400 = 6891 \text{ кг/Год}$$

$$G_H = G_P + G_{n \min} = 14400 + 6891 = 21291 \text{ кг/Год}$$

$$L_n = G_n = 17743 \text{ м}^3/\text{Год}$$

### 1.5. Аеродинамічний розрахунок повітровода

Його проводять з метою визначення розмірів поперечного перетину ділянок мережі. У системах з механічною спонукою руху повітря втрати тиску визначають вибір вентилятора. В цьому випадку підбір розмірів поперечного перетину повітроводів проводять по допустимих швидкостях руху повітря.

Втрати тиску  $\Delta P$ , Па, на ділянці повітроводів завдовжки  $L$  визначають за формулі:

$$\Delta P = R_1 + Z$$

де  $R$  – питомі втрати тиску на 1м повітровода, Па/мБ

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує фактичну шорсткість стінок повітровода, визначуваний

Z-втрати тиску в місцевих опорах, Па, визначуваний по формулі:

$$Z = P_g$$

Де  $P_g$  – динамічний тиск повітря на ділянці, Па,

$\Sigma \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Аеродинамічний розрахунок полягає їх 2 етапів:

- 1) розрахунку ділянок основного напрямку;
- 2) ув'язка відгалужень.

Послідовність розрахунку.

1. Визначаємо навантаження розрахункових ділянок, що характеризуються постійністю витрати повітря;
2. Вибираємо основний напрям, для чого виявляємо найбільш протяжний ланцюг ділянок;
3. Нумеруємо ділянки магістралі і відгалужень, починаючи з ділянки, найбільш видаленої з найбільшою витратою.
4. Розміри перетину повітровода визначаємо за формулою

$$F^{OP} = \frac{L}{3600 \cdot g_p}, \text{м}^2$$

де L –расход повітря на ділянці, м<sup>3</sup>/год

$g_p$ - рекомендована швидкість руху повітря м/с,

5. Знаючи орієнтовну площу перетину, визначаємо стандартний повітровод і розраховуємо фактичну швидкість повітря:

$$g_\phi = \frac{L}{3600 \cdot F_\phi}, \text{м/с}$$

6. Визначуваний R,  $P_g$
7. Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



8. Загальні втрати тиску в системі рівні сумі втрат тиску у повітроводах по магістралі:

$$\Delta P = \Sigma(R_l + Z)_{\text{mag} + \text{Po6}}$$

9. Методика розрахунку відгалужень аналогічна.

Результати аеродинамічного розрахунку повітроводів зводимо в табл 1.6

$$P_g = g \cdot h(\rho_{\text{н-в}}) = 9.81 \cdot 4.7(1.27 - 1.2) = 3.25 \text{ Па}$$

Таблиця 1.6 Результати аеродинамічного розрахунку повітроводів

№ уч.	L	I	p-рп		g	β	R	Rl	Σξ	Pg	Z	Rl+β Z	ΣRl +Z
			а х в	dэ									
Магістраль													
1	500	1.85	400x400	400	0.8	1.4	0.02	0.05	2.97	0.391	1.16	1.21	
2	500	1.5	420x350		0.94	1.21	0.03	0.054	0.55	0.495	0.27	0.324	
3	1000	5	520x550		0.97	1.23	0.02	0.132	0.85	0.612	0.52	0.643	2.177
4	12113	2.43	520x550		1.2	1.25	0.03	0.038	1.15	0.881	0.93	0.968	3.146
Відгалуження													
5	243	1.85	270x270		0.92	1.43	0.04	0.06	2.85	0.495	1.41	1.47	
6	243	7	220x360		0.9	1.21	0.04	0.34	1.1	0.495	0.54	0.88	2.35
7	500	1.85	400x400	400	0.8	1.4	0.02	0.05	3.45	0.391	1.35	1.4	

Для підігріву припливного повітря використовуємо калорифери, які, як правило, обігріваються водою. Припливне повітря необхідно нагрівати від температури зовнішнього повітря  $t_{\text{н}} = -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  до температури на  $11.5 \div 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  меншу температури притоку (цей запас компенсується нагрівом повітря у повітропроводах), тобто до  $t_{\text{н}} = 15 - 1 = 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Кількість повітря, що нагрівається, складаємо  $21377 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Підбираємо калорифер по наступній методиці:

1. Задаємося масовою швидкістю руху теплоносія  $\vartheta_p = 8 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$
2. Розраховуємо орієнтовну площу живого перетину калориферної установки.

$$f_{\text{кюр}} = L_{\text{п-н}} / (\rho \cdot 3600 \cdot \vartheta), \text{ м}^2$$

де  $L_{\text{п}}$  – витрата повітря, що нагрівається,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$\rho_{\text{н}}$  – щільність повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$

$$f_{\text{куор}} = 21377 \cdot 1.332 / (3600 \cdot 10) = 0.79 \text{ м}^2$$

3. По  $f_{\text{куор}}$  приймаємо калорифер типу КВС-9П, для якого:

площа поверхні нагріву  $F_k = 19,56 \text{ м}^2$ , площа живого перетин по повітрю

$$f_k = 0.237622 \text{ м}^2, \text{ по теплоносію } f_{\text{тр}} = 0.001159 \text{ м}^2.$$

4. Расчитаєм необхідна кількість калориферів, встановлених паралельно по повітрю:

$$m_{\parallel \text{в}} = f_{\text{куор}} / f_k = 0.79 / 0.237622 = 3,3. \text{ Приймаємо } m_{\parallel \text{в}} = 3 \text{ шт}$$

5. Розрахуємо дійсну швидкість руху повітря.

$$(\vartheta_p)_d = L_n \cdot n / (3600 \cdot f_k \cdot m_{\parallel \text{в}}) = 21377 \cdot 1.332 / (3600 \cdot 0.237622) = 8.35 \text{ кг/м}^2\text{с}$$

6. Визначуваний витрата тепла на нагрів повітря, Вт/ч:

$$Q_{\text{к.у.}} = 0.278 \cdot L_n \cdot C_v \cdot (t_k - t_{\text{нб}}) = 0.278 \cdot 21377 \cdot 1.2 \cdot (15 - (-8)) = 164021 \text{ Вт}$$

7. Розрахуємо кількість теплоносія, що проходить через калориферну установку.

$$W = (Q_{\text{к.у.}} \cdot 3,6) / v \cdot C_v \cdot (t_r - t_o), \text{ м}^3/\text{год}$$

$$W = (164021 \cdot 3.6) / 4.19 \cdot 1000 \cdot (130 - 70) = 2.82 \text{ м}^3/\text{год}$$

8. Визначаємо дійсну швидкість води в трубках калорифера.

$$w = W / (3600 \cdot f_{\text{тр}} \cdot n_{\parallel \text{м}}), \text{ м/с}$$

$$w = 2.82 / (3600 \cdot 0.001159 \cdot 3) = 0.23, \text{ м/с}$$

9. Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі

$$K = 33.5 \text{ Вт/м}^2$$

10. Визначаємо необхідну поверхню нагріву калориферної установки

$$F_{\text{кутр}} = Q_{\text{ку}} / (K_o(t_{\text{ср т}} - t_{\text{ср в}})), \text{ м}^2$$

$$F_{\text{кутр}} = 164021 / (33.5 \cdot (130 + 70/2) - (15 - 8/2)) = 50.73 \text{ м}^2$$

11.  $N_k = F_{\text{кутр}} / F_{\text{ку}} = 50.73 / 19.56 = 2.89$ . Приймаємо 3 шт

12. Знаючи загальну кількість калориферів, знаходимо кількість калориферів послідовно по повітрю

$$n_{\text{посл в}} = N_k / m_{\parallel \text{в}} = 3/3 = 1 \text{ шт}$$

13. Визначуваний запас поверхні нагріву

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Запас} = (F_k - F_{\text{кутр}}) / F_{\text{кутр}} \cdot 100\% = 1020\%$$

$$\text{Запас} = (15.86 - 50.73) / 50.73 = 15\% \leq 20\%$$

Умова виконана

14. Визначимо аеродинамічний опір калориферної установки  $R_k = 65.1$  па

У приміщення адміністративно-побутових будівель боротьба з пилом здійснюється шляхом запобігання попаданню її ззовні і видалення пилу, що утворюється в самих приміщеннях.

Припливне повітря, що подається в приміщеннях, очищається в повітряних фільтрах. Підберемо фільтри для очищення припливного повітря.

1. Метою очищення повітря в корпусі приймаємо захист людей, що знаходяться там, від пилу. Ступінь очищення в цьому випадку рівна  $\tau_p = 0,60,85$

2. Клас фільтру – III, вид фільтру змочений, тип – волокнистий, найменування – осередковий, рекомендоване повітряне навантаження на вхідний перетин  $9000 \text{ м}^3/\text{год}$

3. Розраховуємо необхідну площу фільтрації:

$$F_{\text{фтр}} = L_n / q, \text{ м}^2$$

де  $L_n$  – кількість припливного повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$F_{\text{фтр}} = 15634 / 9000 = 1.74 \text{ м}^2$$

4. Визначаємо необхідну кількість осередків:

$$n_y = F_{\text{фтр}} / f_y$$

де  $f_y$  – площа осередку,  $0.22 \text{ м}^2$

$$n_y = 1.74 / 0.22 = 7.9 \text{ м}^2$$

Приймаємо 9 шт.

5. Знаходимо дійсну площу фільтрації:

$$F_{\text{фд}} = n_y \cdot f_y = 9 \cdot 0.22 = 1.98 \text{ м}^2$$

6. Визначаємо дійсне повітряне навантаження:

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_d = L_n / F_{fd} = 15634 / 1.98 = 7896 \text{ м}^3/\text{год}$$

7. Знаючи дійсне повітряне навантаження і вибраний тип фільтру, початковий опір:

$$P_{ф.ч.} = 44 \text{ Па}$$

8. Опір фільтру при запилення може збільшуватися в 3 рази знаходимо масу уловленого пилу  $m_0$ , г/м<sup>2</sup>:

$$P_{ф.п.} = 132 \text{ Па};$$

$$m_0 = 480 \text{ г/м}^2$$

$$9. \text{ при } m_0 = 480 \text{ г/м}^2 \text{ 1- оч} = 0.13 \Rightarrow \eta_{оч} = 0.87$$

$$\eta_{оч} > \eta_{очтр}$$

10. Розрахуємо періодичність заміни такою, що фільтрує поверхні:

$$\tau_{рег} = m_0 / m_{уд} = 480 / 34.35 = 14 \text{ годин}$$

11. Розрахуємо опір фільтру:

$$P_{ф} = P_{ф.ч.} + P_{ф.п.} = 44 + 132 = 176 \text{ Па}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Визначення розрахункових електричних навантажень

Науково-виробничий комплекс був спроектований як восьмиповерхова офісна будівля. Розрахунок навантаження здійснюємо для турбомеханізмів.

Визначення розрахункових навантажень проводиться методом розрахункових коефіцієнтів.

$$P_{зм} = \sum_{i=1}^n (\kappa_{в.і} \cdot P_{н.і})$$

$$Q_{зм} = \sum_{i=1}^n (\kappa_{в.і} \cdot P_{н.і} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i),$$

Підраховуємо груповий коефіцієнт використання  $K_{в}$  по формулі:

$$K_{в} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{смi}}{\sum_{i=1}^n P_{ні}},$$

Обчислюємо значення ефективного числа електроприймачів  $n_e$  (шт.) по формулі:

$$n_e = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{ном.i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{ном.i}^2}$$

Визначаємо розрахункові значення активного  $P_p$  (кВт) та реактивного  $Q_p$  (квар) електричних навантажень по формулам:

$$P_p = K_{р.а} \cdot P_{с.зм}$$

$$Q_p = K_{р.р} \cdot Q_{с.зм}$$

де  $K_{р.а}$  та  $K_{р.р}$  - розрахункові коефіцієнти відповідно активної і реактивної потужностей.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Заболотний			Електропостачання	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Мейта О.В.							
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.									
Затверд.									

$\hat{E}_{\partial.a}=1$ , якщо  $n_e > 10$ ,  $K_{p.p}=1$ , якщо  $n_e \leq 10$  згідно [7].

Значення  $K_{p.a}$  знаходять у функції величин  $K_B$  та  $n_e$

Визначаємо розрахункову потужність  $S_p$  (МВА) за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p + Q_p}$$

де  $P_p$  активне електричне навантаження, кВт;

$Q_p$  реактивне електричне навантаження, квар.

Розрахунковий струм  $I_p$  (А):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

де  $S_p$  – розрахункова потужність, МВА;

$U_n$  – номінальна напруга, кВ.

Основні й допоміжні виробництва наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Електроприймачі адміністративної будівлі

Кількість	Електроприймач	Номінальна потужність, кВт
5	Насос у насосній станції	0,5
4	Насос опалення циркуляційний	0,39
4	Насос теплових завіс циркуляційний	0,18
4	Змішувальний насос	0,18
4	Насос ГВП циркуляційний	0,39
44	Кондиціонери - доводчики	6
3	Чілер	18,5
27	Вентилятор	4
4	Центральний кондиціонер	360,4

Підраховуємо груповий коефіцієнт використання:

$$\hat{E}_a = \frac{355,23}{1876,16} = 0,189 ;$$

Знайдемо ефективне число електроприймачів (шт.):

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_e = \frac{1876,16^2}{0,5^2 \cdot 5 + 0,39^2 \cdot 8 + 0,18^2 \cdot 8 + 18,5^2 \cdot 3 + 432 + 519553} \approx 7 ;$$

Отже приймаємо  $n_e = 7$

За [7] знаходимо розрахункові коефіцієнти потужності активної  $K_{p.a}$  та реактивної  $K_{p.p}$ :

$$K_{p.a} = 2,1; K_{p.p} = 1 \text{ оскільки } n_e \leq 10 .$$

Розрахункові навантаження активне (кВт) та реактивне (квар):

$$P_D = 2,1 \cdot 355,33 = 746,19 \text{ кВт};$$

$$Q_D = 1 \cdot 351,57 = 351,57 \text{ квар.}$$

Визначаємо розрахункову потужність (кВА):

$$S_p = \sqrt{746,19^2 + 351,57^2} = 824,8 \text{ кВА}$$

Тоді розрахунковий струм (А) знайдемо:

$$I_D = \frac{824,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1253,25 \text{ А}$$

## **2.2 Визначення розрахункових навантажень на різних рівнях системи.**

### **Розрахункове електричне навантаження приміщень.**

Розрахункове електричне навантаження приміщень визначається за формулами:

$$P_p = P_{p1} + P_{m.o.} + \Delta P_T$$

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{m.o.} + Q_T - Q_{кy1}$$

де  $P_{p1}$ ,  $Q_{p1}$  - розрахункові електричні навантаження силових ЕП напругою до 1000 В.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3 Втрати потужності в трансформаторах

Визначимо втрати потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p$$

де  $S_p$  - сумарне навантаження приміщень.

$$S_p = \sqrt{(P_{p1} + P_{i.f.})^2 + (Q_{p1} + Q_{i.f.})^2} = \sqrt{(746,19 + 61,69)^2 + (351,57 + 37,468)^2} = 896,67 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 896,67 = 17,93 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 896,67 \text{ квар.}$$

Визначимо потужність компенсуючих установок.

Величину  $Q_{кy1}$  підраховують виходячи із економічного нормативного значення  $\text{tg}\varphi_{\text{ен}}$ , тоді:

$$Q_{кy1} = 0,15 \cdot (P_{p1} + P_{M.O.}) - (Q_{p1} + Q_{M.O.}) = 0,15 \cdot (746,19 + 61,69) - (351,57 + 37,468) = -267 \text{ квар.}$$

До установки приймаємо стандартну потужність компенсуючих батарей  $Q_{кy1} = 267$  квар. Результати розрахунків електричних навантажень на різних рівнях СЕП зведені у таблиці 2.2.

Розрахункові навантаження на фазних рівнях системи електропостачання

Таблиця 2.2 Результати розрахунків електричних навантажень

№ п/п	Вид електроприймача	Розрахункове навантаження		
		P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВА
1	Силові ЕП до 1кВ	746,19	351,57	824,8
2	Освітлювальне навантаження	61,69	37,468	72,17
	Всього	807,88	389,03	896,97
3	Компенсуючий прилад	-	-267	267
	Всього з компенсацією	807,88	122,03	1163,97
4	Втрата потужності в трансформаторі	10,26	89,44	77,5
5	Всього з урахуванням втрат	818,14	211,47	1241,47



## 2.4 Вибір кількості та потужності трансформаторів

1. Виходячи з питомої густини навантаження приміщень, приймаємо варіанти для порівняння:

Питома густина навантаження:

$$\sigma = \frac{S_{\Sigma}}{F}$$

де  $F$  - площа приміщень, м

$S_{\Sigma}$  - сумарне розрахункове навантаження низьковольтних споживачів, кВ·А.

При питомій густині навантаження 0,1002 кВ·А/м<sup>2</sup> найбільш економічним варіантом є встановлення трансформаторів потужністю

$$S = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А} \text{ і } 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Виходячи із категорійності приміщень в якості першого варіанту для порівняння приймаємо двотрансформаторну підстанцію для живлення електроприймачів приміщень, котра допускає перерву в електропостачанні на час доставки "складського" резерву, з трансформатором  $S_{\text{н тр}} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ . В якості іншого варіанту - чотири-трансформаторна підстанція з трансформаторами  $S_{\text{н тр}} = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ .

2. Визначимо мінімальну кількість трансформаторів при повній компенсації реактивної потужності:

$$n_{\text{л} \partial \partial . \text{min}} = \frac{P_{\Sigma}}{k_{\zeta} \cdot S_{\text{л} \text{ф} . \partial \partial}} + \Delta n_T = \frac{818,14}{0,75 \cdot 630} + 0,269 = 2,0$$

$$n_{\text{л} \partial \partial . \text{min}} = \frac{P_{\Sigma}}{k_{\zeta} \cdot S_{\text{л} \text{ф} . \partial \partial}} + \Delta n_T = \frac{818,14}{0,65 \cdot 400} + 0,854 = 4,0$$

де  $P_{\Sigma}$  - сумарне розрахункове навантаження приміщень, кВт;

$K_{\zeta}$  - коефіцієнт завантаження трансформатора;

$S_{\text{н тр}}$  - номінальна потужність трансформатора, кВА,

$\Delta n_T$  - дробний додатак до ближнього цілого числа.

3. Економічно оптимальна кількість трансформаторів

$$n_{\partial \partial . \dot{a}} = n_{\partial \partial . \text{min}} + m$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $m$  - додаткова кількість трансформаторів

Обираємо трансформатори з номінальними параметрами (таблиця 2.3):

Таблиця 2.3 Трансформатори з номінальними параметрами

Тип	ТМ-630/10	ТМ-400/10
$S_{н\ tr}$ , кВА	630	400
$U_{вн}$ , кВ	10	10
$U_{нн}$ , кВ	0,4	0,4
$\Delta P_{xx}$ , кВт	1,55	1,0
$\Delta P_{кз}$ , кВт	8,52	5,7
$I_{xx}$ , %	2,0	2,1
$U_k$ , %	5,5	4,5

4. Визначаємо реактивну потужність, яку необхідно передати через трансформатор:

$$Q_T = \sqrt{(n_{од.д} \cdot k_{\epsilon} \cdot S_{т.од})^2 - P_{\Sigma}^2}$$

$$Q_{T1} = \sqrt{(2 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 818,14^2} = 472,93 \text{ квар}$$

$$Q_{T2} = \sqrt{(4 \cdot 0,65 \cdot 400)^2 - 818,14^2} = 642,06 \text{ квар}$$

5. При цьому потужність батареї статичних конденсаторів (квар) напругою до 1кВ:

$$Q_{i.e1} = Q_{\Sigma} - Q_T = 826,126 - 472,93 = 353,196$$

$$Q_{i.e2} = Q_{\Sigma} - Q_T = 826,126 - 642,06 = 184,066$$

Вибір конденсаторної батареї зводимо в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 Вибір конденсаторної батареї

Конденсатори типу	КС2-0,38-50-ЗУЗ	КС1-0,38-25-ЗУЗ
Кількість	$n = 2$	$n = 1$
потужність	$Q_k = 100$ квар	$Q_k = 25$ квар
Питома вартість	$k_y = 50,25$ грн/квар	$k_y = 50,65$ грн/квар
Вартість батареї	$k_6 = 5025$ грн	$k_6 = 1266$ грн

6. Визначимо додаткову потужність конденсаторних низьковольтних батарей:

$$Q_{i.e2} = Q_{\Sigma} - Q_{i.e1} - \gamma \cdot n_{од.д} \cdot S_{i.од}$$

де  $\gamma$  - розрахунковий коефіцієнт, що визначається в функції показників  $k_1$  та  $k_2$ , схеми та напруги високовольтної розподільчої мережі. Показник  $k_1$  залежить від кількості працюючих змін (при кількості змін 1,2 та 3;  $k_1$  відповідно дорівнює 24,12,11)

Так як підприємство працює в дві зміни, то  $k_1 = 12$ . Показник  $k_2$  враховує віддаленість ТП від ГПП та потужність трансформаторів

Таблиця 2.5 Віддаленність ТП від ГПП

$k_2=2$	$k_2=2$
$\gamma = 0,53$	$\gamma = 0,53$
$Q_{i.e2} = 826,126 - 2 \cdot 50 - 0,53 \cdot 2 \cdot 630 = -1,326$ квар	$Q_{i.e2} = 826,126 - 25 - 0,53 \cdot 4 \cdot 400 = -46,874$ квар

Так як  $Q_{нк} < 0$ , то додаткова кількість КБ не потрібна

7. Сумарна реактивна потужність низьковольтних батарей

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2}$$

$$Q_{нк} = 100 + 0 = 100 \text{ квар}$$

$$Q_{нк} = 25 + 0 = 25 \text{ квар}$$

8. В залежності від розрахункової потужності обираємо стандартні конденсатори:

Таблиця 2.6 Технічні дані конденсаторів

Конденсатори типу	КС2-0,38-50-3УЗ	КС1-0,38-25-3УЗ
Кількість	n=2	n=1
Потужність	$Q_k = 100$ квар	$Q_k = 25$ квар
Питома вартість	$k_y = 50,25$ грн/квар	$k_y = 50,65$ грн/квар

Вартість батареї	$k_6=5025$ грн	$k_6=1266$ грн
------------------	----------------	----------------

9. Визначаємо наведені втрати потужності в трансформаторах:

$$\nu = n \cdot (\Delta P_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P_{\dot{e}\zeta})$$

де  $n$  - килькість трансформаторів;

$$\beta = \frac{S}{S_{f.\dot{o}\dot{o}.}} - \text{коефіцієнт завантаження трансформатора};$$

$\Delta P'_{xx}$  - приведені втрати активної потужності х.х.,

$$\Delta P'_{\dot{o}\dot{o}.} = \Delta P_{\dot{o}\dot{o}.} + k_{\dot{a}\dot{i}} \cdot \Delta Q_{xx}$$

$\Delta P_{xx}$  - втрати активної потужності х.х.,  $k_{\text{ен}} = 0,06$

$\Delta Q_{xx}$  - втрати реактивної потужності х.х.,

$$\Delta Q_{xx} = S_{f.\dot{o}\dot{o}.} \cdot \frac{\dot{o}\dot{o}.^2}{100}$$

$\Delta P'_{\text{кз}}$  - приведені втрати активної потужності к.з.:

$$\Delta P'_{\dot{e}\zeta} = \Delta P_{\dot{e}\zeta} + k_{\dot{a}\dot{i}} \cdot \Delta Q_{\dot{e}\zeta}$$

$\Delta Q_{\text{кз}}$  - реактивні втрати к.з.:

$$\Delta Q_{\dot{e}\zeta} = S_{f.\dot{o}\dot{o}.} \cdot \frac{U_{\dot{e}}}{100}$$

Таблиця 2.7 Дані розрахунку потужності

$\Delta Q_{xx} = 630 \cdot 2,0/100 = 12,6$ квар	$\Delta Q_{xx} = 400 \cdot 2,1/100 = 8,4$ квар
$\Delta P'_{\dot{o}\dot{o}.} = 1,55 + 0,06 \cdot 12,6 = 2,306$ кВт	$\Delta P'_{\dot{o}\dot{o}.} = 1,0 + 0,06 \cdot 8,4 = 1,504$ кВт
$\Delta Q_{\dot{e}\zeta} = 630 \cdot 5,5/100 = 34,65$ квар	$\Delta Q_{\dot{e}\zeta} = 400 \cdot 4,5/100 = 18,0$ квар
$\Delta P'_{\dot{e}\zeta} = 8,5 + 0,06 \cdot 34,55 = 10,579$ кВт	$\Delta P'_{\dot{e}\zeta} = 5,7 + 0,06 \cdot 18,0 = 6,78$ кВт
$\Delta P_T = 1 \cdot (2,306 + (136,53/630)^2 \cdot 10,579) = 4,8$ кВт	$\Delta P_T = 2 \cdot (1,504 + (136,53/2 \cdot 400) \cdot 6,78) = 3,4$ кВт

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість годин використання максимуму втрат:

$$\tau_{\max} = \left( 0,124 + \frac{T_{\max}}{1000} \right)^2 \cdot 8760$$

де  $\tau_{\max}$  - кількість годин використання максимуму навантаження за рік,

залежить від кількості змін на добу. Так як підприємство двохзмінне, тоді:

$T_{\max} = 3600$  годин,  $T_{\text{в}} = 4000$  годин.

$$\tau_{\max} = \left( 0,124 + \frac{3600}{1000} \right)^2 \cdot 8760 = 2052 \text{ годин.}$$

## **2.5 Вибір конструкції РП та підстанції**

Розподільчий пункт виконується з використанням комірок КРП. Для даних приміщень обираємо на РП КРП-2-10, КТП краще огороджувати.

Комплектна трансформаторна підстанція включає в себе:

- 1) два трансформатори ТМ-630/10
- 2) ввідна шафа ВН-ШВВ-3
- 3) шафа вводу НН-ШВН-2
- 4) шафа відходячих ліній

## **2.6 Вибір схеми електропостачання підприємства**

Схема електропостачання містить розподільчу мережу 10 кВ від ГПП до ТП чи високовольтних ЕП, а також електричну мережу напругою до 1000В (0,38 кВ). Для розподілення мережі 10 кВ, в відповідності з рекомендаціями, обираємо радіальну схему електропостачання.

Цехову електричну мережу також виконують радіальною. Розподілення енергії по цій схемі виконується радіальними лініями від

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розподільних пунктів, закріплених на стінах будівлі. Радіальна схема забезпечує високу надійність живлення і універсальність, в ній легко можуть бути використані елементи автоматики.

Недоліком радіальної схеми є великі витрати на встановлення розподільчих цехів, проводку кабелю та проводів.

Приймаємо дану схему, так як необхідно живлення силового та освітлювального навантаження, з доволі нерівномірним розташуванням по площі приміщень.

## ***2.7 Вибір конструктивного виконання цехового електропостачання***

Електрична мережа напругою до 1000В.

Цехова електрична мережа напругою до 1000В у відповідності із прийнятою схемою електропостачання і умов оточуючого середовища, виконується кабелями від КТП до СП і проводами в трубах від СП до ЕП.

Радіальні схеми характеризуються тим, що від КТП відходять лінії, що живлять потужні ЕП, або розподільні шафи і пункти, від яких окремими лініями живляться більш малі ЕП.

Перевагою схеми є те, що втратити живлення всі споживачі можуть лише при проведенні на збірних шинах КТП, що малоймовірно з причини надійної конструкції шаф КТП.

Наявність на КТП і коло неї комутаційно-захисних апаратів окремих Рієднань дозволяє легше вирішувати питання автоматизації управління в цеховій електричній мережі, ніж при розосереджених апаратах, що має місце магістральній схемі.

Перевагою радіальної схеми є також і те, що структура такої мережі краще узгоджується з адміністративно - організаційною структурою цехів та ділянок і дозволяє легше проводити облік витрат електроенергії по окремим технологічним лініям і агрегатом, що особливо важливо при реалізації енергозберігаючої політики.

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для пересувних коробок електроприводів має ступінь - захисту IP54(IP22). Схема електропостачання представлена на рис. 2.1

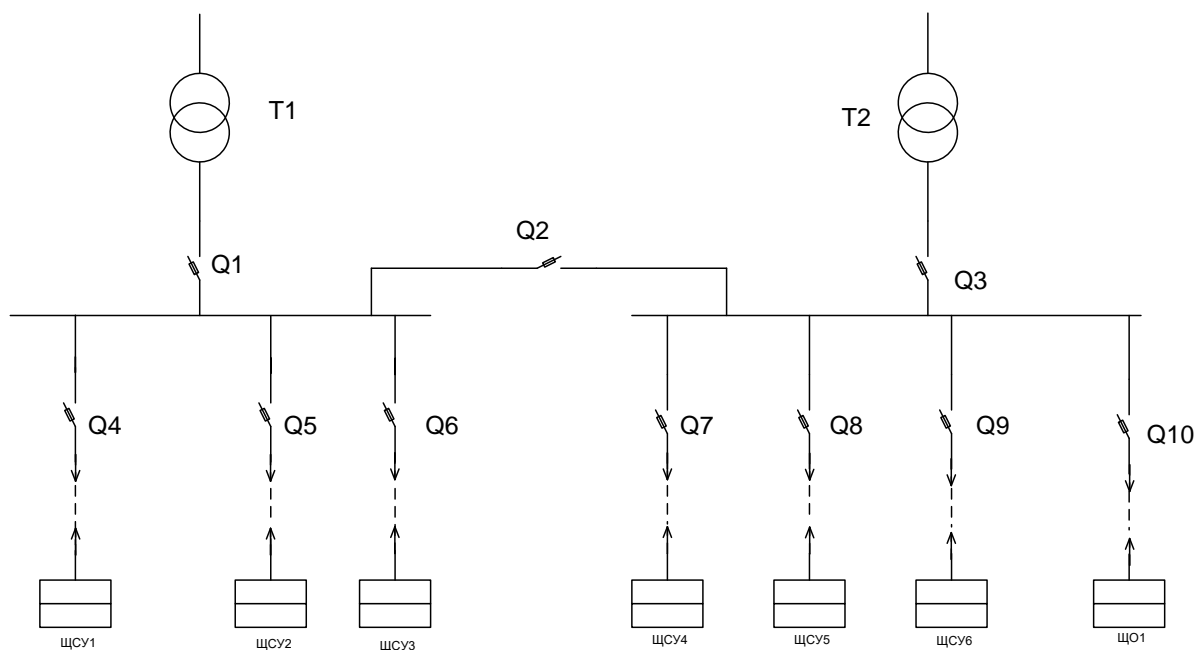


Рисунок 2.1 Схема електропостачання підприємства

## 2.8 Апаратура керування і захисту

На ділянках електричних мереж від розподільного пристрою низької напруги КТП до електроприймачів встановлюються розподільчі шафи і освітлювальні щитки. Ці пристрої призначені для розподілення енергії і в них сконцентрована комутаційна захисна апаратура, призначена для управління уставками напругою до 1000В і захисту електроприймачів ліній цехової енергії к.з. і перевантаження.

Для приєднання ЕП і мереж  $I_p \leq 150\text{A}$  використовуємо силові зборки типу ШР-11 із запобіжниками на струм 63- 400А. Ввід відбувається через вмикач Э10МБ на 1000А. Для ЕП і мереж з  $I_p > 150\text{A}$  використовуємо шафи типу ШРС і ПРС із захистом відходячих ліній запобіжниками ПН2 та НПН2.

## 2.9 Розрахунок електричної мережі

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір силових розподільчих шаф, що живлять окремі електроприймачі.  
Розрахунок і вибір силових розподільчих шаф зробимо в табличній формі (табл.3 ). Покажемо порядок розрахунку на прикладі вибору ЩСУ1.  
Для ЕП, що живляться від даного ЩСУ1 знаходимо:

1) Сумарну номінальну потужність:

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{нi}} .^3$$

$$P_{\Sigma} = 2,5 + 55,5 = 58 \text{ кВт}$$

2) Середня потужність за найбільш завантажену зміну:

$$P_{\text{сi}} = \sum_{i=1}^n (\hat{e}_{\text{a.}^3} \cdot D_{\text{i.}^3})$$

$$Q_{\text{сi}} = \sum_{i=1}^n (\hat{e}_{\text{a.}^3} \cdot D_{\text{i.}^3} \cdot \text{tg } \varphi_3),$$

$$P_{\text{сi}} = 2,5 \cdot 0,3 + 55,5 \cdot 0,3 = 37,7$$

$$Q_{\text{сi}} = 2,5 \cdot 0,65 \cdot 0,75 + 55,5 \cdot 0,3 \cdot 0,75 = 37,7$$

3) Груповий коефіцієнт використання:

$$\hat{Ea} = \frac{D_{\text{нi}}}{\sum_{i=1}^i D_{\text{i}^3}} = \frac{37,7}{58} = 0,65$$

4) Ефективне число ЕП:

$$i_{\text{a}} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^i D_{\text{нi}} .^3}{D_{\text{нa} \sigma}} = \frac{2 \cdot 58}{55,5} = 2,009 \approx 2$$

5) Визначаємо розрахункові коефіцієнти

$$K_{\text{p.p}} = 1,42, \quad K_{\text{p.p}}$$

$$= 1,1$$

6) Визначимо розрахункову активну та реактивну потужність:

$$P_P = K_{\text{p.a}} \cdot P_{\text{с.зм}} = 1,42 \cdot 37,7 = 53,5 \text{ кВт};$$

$$Q_P = K_{\text{p.p}} \cdot Q_{\text{с.зм}} = 1,1 \cdot 28,275 = 31,1 \text{ квар.}$$

Або, краще визначимо за іншими формулами:

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Вибір кабелів живлячих силові пункти (щити) та потужні ЕП.

Виходячи з  $I_p$ , знайденого для силової шафи (щита), а також

враховуючи схему внутрішньої електричної мережі, обираємо кабелі, що живлять силові пункти.

Переріз жил кабелів визначаємо з умови допустимого нагріву:

$$I_p < k_1 \cdot k_2 \cdot I_d$$

де  $I_p$  - розрахунковий струм, А;

$I_d$  - допустимий струм кабелю, визначаємо за каталогом;

$k_1, k_2$  - коефіцієнти, що враховують зміни  $I_d$  середовища в залежності від температури н.с. та кількості кабелів, прокладених в каналах. Для температури 20°C –  $k_1 = 1$ . Для одного кабелю  $k_2 = 1$ . Вибір кабелів зробимо в табличній формі (табл.2.8).

Таблиця 2.8 Вибір кабелю

Призначення кабелю		Розрахунковий струм, А	Допустимий струм, А	Марка і переріз кабелю жили.
1	ТП-ЩСУ1	98,05	95	ААШВУ-1-(3×35+1×16)
2	ТП-ЩСУ2	6.93	50	ААШВУ-1-(3×16+1×10)
3	ТП-ЩСУ3	892	1000	ААШВУ-1-(3×80+1×10)
4	ТП-ЩСУ4	685,7	750	ААШВУ-1-(3×70+1×10)
5	ТП-ЩСУ5	563	750	ААШВУ-1-(3×70+1×10)
6	ТП-ЩСУ6	563	750	ААШВУ-1-(3×70+1×10)
7	ТП-ЩО1	109.65	120	ААБ2Л-10 3×120 А120

### 2.10 Вибір дротів живлячих окремі ЕП

Розподільчу мережу виконуємо дротом марки АПВ (алюмінієві жили, полівініл хлоридна ізоляція). Для дротів передбачаємо приховану прокладку в ізоляційних трубах в підлозі.

Труби обираємо сталеві, електрозваренні для прокладки дротів і кабелів по

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТУ-14-3-729-78.

Переріз дротів обираємо з урахуванням техніки безпеки та пожежної безпеки. Дроти обираються за допустимим нагрівом та за умовою захищеності обраного перерізу від перевантаження струмами к.з.

$$1) i_{p1} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{2,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 4,74 \text{ А}$$

2) За умовою допустимого нагріву ( $i_p < I_{\text{доп}}$ ) обираємо дрiт марки АПВ перерізом мм<sup>2</sup>,

Освітлювальну мережу обираємо дротом АПВ аналогічно визначаються для інших ЕП. Результати зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 Результати розрахунку вибору дротів живлення

К-сть	P <sub>нi</sub> , кВт	COSφi	I <sub>p</sub> , А	I <sub>д</sub> , А	Марка і переріз дроту	D, мм
5	0,5	0,8	0,94	5	АПВ-4×12	10
4	0,39	0,8	0,74	5	АПВ-4×12	10
4	0,18	0,75	0,36	5	АПВ-4×12	10
4	0,18	0,75	0,36	5	АПВ-4×12	10
4	0,39	0,8	0,74	5	АПВ-4×12	10
44	6	0,75	12,15	19	АПВ-4×25	32
3	18,5	0,8	31,1	39	АПВ-3(1×10)+1×6	32
27	4	0,75	8,11	19	АПВ-4×25	32
4	360,4	0,8	694,46	710	АПВ-7(1×35)+1×10	79

## 2.11 Вибір захисту мережі і перевірка мережі на захищеність.

### 2.11.1 Вибір запобіжників.

Розглянемо вибір захисту для лінії, що йде від РУ 0,4 кВ до ЩСУ і відщеплень використовуємо запобіжники типу ПН2

Вибір запобіжників виконуємо за умовами:

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{пр.н}} \geq U_c$$

$$I_{\text{отк.н}} \geq I_{\text{к.мах}}$$

$$I_{\text{н.пр}} \geq I_{\text{р.мах}}$$

Вибір плавкої вставки виконуємо із умов:

$$I_{\text{н.вст}} \geq (i_{\text{п}} / k_{\text{пер}})$$

$$k_{\text{з.о.}} \cdot I_{\text{н.вст.}} \leq I_{\text{к}}^{(1)}$$

де  $I_{\text{к.мах}}$  – максимальный СКЗ;

де  $I_{\text{р.мах}}$  – максимальний розрахунковий струм;

$i_{\text{п}}$  – пусковий струм одного двигуна,  $i_{\text{п}} = I_{\text{н}} \cdot k_{\text{пуск}}$ ;

$k_{\text{пер}}$  – коефіцієнт перевантаження, при легкому пуску  $k_{\text{пер}} = 2,5$ ;

$I_{\text{к}}^{(1)}$  – однофазний СКЗ;

$k_{\text{з.о}}$  – кратність струму КЗ в приміщеннях з нормальним середовищем  $k_{\text{з.о}} = 3$ ;

$U_c$  – номінальна напруга мережі.

Вибір запобіжників зробимо на прикладі з ЕП7:

$$I_{\text{р}} = 35,1 \text{ А}, I_{\text{к.мах}} = 5,992 \text{ кА.}$$

Пускове навантаження за формулою:

$$i_{\text{п1}} = 5 \cdot i_{\text{н1}}$$

$$\text{де } i_{i^3} = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi_1 \cdot \eta_1}$$

$$i_{i^3} = \frac{18,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 35,1 \text{ А.}$$

$$i_{\text{п1}} = 5 \cdot 35,1 = 175,5 \text{ А}$$

$$i_{\text{п1}} / k_{\text{сп}} = 175,5 / 2,5 = 70,2 \text{ А}$$

На основі умови вибору запобіжника, обираємо запобіжник з номінальними параметрами:  $I_{\text{п.зап}} = 250 \text{ А}$ ;  $U_{\text{пр.н}} = 380 \text{ В}$ ,  $I_{\text{отк.н}} = 40 \text{ А}$ .

$$380 \text{ В} = 380 \text{ В};$$

$$250 \text{ А} > 35,1 \text{ А};$$

$$40 \text{ кА} > 5,992 \text{ кА.}$$

За умовами вибору плавких вставок обираємо плавку вставку з  
Номінальним струмом:

$$I_{н.вст} = 120 \text{ A};$$

$$35,1 \text{ A} < 120 \text{ A};$$

Перевіримо відповідність струму плавкої вставки кратності однофазного струму:

$$k_{з.о.} \cdot I_{н.вст} \leq I_K^{(1)}$$

$$3 \cdot 120 = 360 \text{ A} \leq 5,99 \text{ кА}$$

Аналогічно виконуємо вибір запобіжників і їх плавких вставок для окремих відвітлень. Результати зводимо у таблицю 2.10

Таблиця 2.10 Результати розрахунків вибору плавких вставок

№	Розрахункові значення			Паспортні дані		
	$I_p$ , А	$I_n$ , А	$I_n / k_{пер}$ , А	$I_{н.пр}$ , А	$I_{н.вст}$ , кА	$I_{отк.н}$ , кА
1	0,94	4,7	1,88	100	120	40
2	0,74	3,7	1,48	250	120	40
3	0,36	1,8	0,72	250	80	50
4	0,36	1,8	0,72	100	150	40
5	0,74	3,7	1,48	100	200	40
6	12,15	62,5	25	100	80	50
7	35,1	175,5	70,2	100	80	50
8	8,11	40,55	16,22	100	80	50
9	694,4	3472,3	1388,92	750	720	500

## 2.12 Вибір автоматичних вимикачів

В якості захисту лінії, живлячої ЕП, приймаємо АВ серії А3710Б. Це струмообмежуючий вимикач з електромагнітним розщеплювачем

максимального струму.

Уставку спрацювання розщеплювача вибираємо з умови:

$$I_{\text{ном.розщ.}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{р.мах.}}$$

$$I_{\text{ном.розщ.}} \geq 1,25 \cdot i_{\text{п.}}$$

де  $i_{\text{п}}$  – піковий струм

$$i_{\text{п}} = i_{\text{п.мах}} + (I_{\text{р}} - k_{\text{у}} \cdot i_{\text{н.мах}}).$$

Вибір вимикачів виконуємо на прикладі ЕП7:

$$i_{\text{п}} = 250 + (35,1 - 0,3 \cdot 50) = 270,1 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.розщ.}} > 1,25 \cdot 270,1 = 337,62 \text{ А.}$$

Обираємо уставку з  $I_{\text{н}} = 630 \text{ А} > 337,62 \text{ А.}$  :

Перевіряємо мережу на захищеність:

$$k_{\text{н.м.}} \cdot I_{\text{д}} > k_{\text{зах.}} \cdot I_{\text{з}}$$

де  $k_{\text{зах}} = 0,22$  для АВ з максимально миттєвим діючим розщеплювачем.

$$1 \cdot 140 = 140 \text{ А} > 630 \cdot 0,22 = 138,6 \text{ А.}$$

Умова виконується.

Перевіряємо відповідність струму уставки розщеплювача кратності однофазного СКЗ:

$$I_{\text{н2}}^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{\text{н.уст.}}$$

$$5,887 \text{ кА} > 1,25 \cdot 630 = 0,788 \text{ кА}$$

Умова виконується

Вибір вимикачів для інших учасників мережі виконуємо аналогічно.

### 2.13 Перевірка мережі на захищеність

Виконаємо в табличній формі. Зводимо в таблиця 9.

Умона перевірки:  $I_{\text{р}} \geq k_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}$

де  $I_{\text{з}}$  - струм спрацювання захисту;

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_3$  - кратність допустимою тривалою струму для дроту або кабелю відносно номінального струму або струму спрацювання захисту,  $k_3=1,0$ .

Якщо умова перевірки не виконується, то обираємо дріт з більшим перерізом.

Данні зводимо у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11. Зведенні данні перерізу дротів

№ ЕП	Тип запобіжника	$I_{н.вст.}$ А	Марка і переріз дроту	$I_{доп.}$ А
1	ПН2 - 250	120	АПВ-3(1×50)+1×25	120
2	ПН2 - 250	120	АПВ-3(1×50)+1×25	120
3	ПН2 - 100	80	АПВ-3(1×35)+1×25	85
4	ПН2 - 250	150	АПВ-3(1×35)+1×25	85
5	ПИ2 250	200	АПВ-3(1×120)+1×75	200
6	ПН2 100	80	АПВ-3(1×35)+1×25	85
7	ПН2 - 250	200	АПВ-3(1×120)+1×75	200
8	ПН2 - 250	200	АПВ-3(1×120)+1×75	200
9	ПН2 - 250	200	АПВ-3(1×120)+1×75	200

## 2.14 Розрахунок освітлювального навантаження

Розрахунок освітлення робимо для ділянки диспетчерської площею  $36,9\text{м}^2$ , ширина якого 6м, довжина - 6,15м, висота - 3,1м.

Згідно СНіП II- 4- 79 мінімальна норма освітленості приміщення  $E_{min} = 300$  лк.

Обираємо джерело світла: лампа ДРЛ (світильник РСП07).

Висота підйому світильника:

$$h = h_{п} - h_{св} - h_{р},$$

де  $h_{п}$  - висота приміщення;

$h_{св}$  - висота звісу світильника від місця кріплення ( $h_{св} = 0,07\text{м.}$ );

$h_{р}$  - висота робочої поверхні над рівнем підлоги ( $h_{р} = 0,08\text{м.}$ ).

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = 3,1 - 0,07 - 0,8 = 2,23 \text{ м.}$$

Визначимо кількість рядів:  $N_p = \frac{B}{L_A}$ ,

де  $B$  - ширина проектного приміщення.

$$L_A = \chi \cdot h,$$

де  $\chi$  - коефіцієнт найкращого світлорозподілення ( $\chi = 1,4$ ).

$$L_A = 1,4 \cdot 2,23 = 3,122 \text{ м.}$$

Кількість світильників в одному ряді:

$$N_{\hat{A}} = \frac{\hat{A}}{L_{\hat{A}}} = \frac{\hat{A}}{L_A}$$

$$N_{\hat{A}} = \frac{6,15}{3,122} = 2 \text{ од}$$

Необхідна кількість світильників  $N$  для приміщення:

$$N_{\Sigma} = N_p \cdot N_{\hat{A}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ од}$$

Світловий потік для створення нормованої освітленості визначимо за методом коефіцієнтів використання світлового потоку:

$$F_n = \frac{k_{\zeta} \cdot S \cdot E_{\min} \cdot Z}{\eta}$$

Де  $k_{\zeta}$  - коефіцієнт запасу ( $k_{\zeta} = 1,3$ );

$Z = 1,15$  для ламп накаливання;

$S$  – площа приміщення;

$\eta$  - коефіцієнт використання світильника, визначається в залежності від типу світильника, відображуючої можливості стелі, стін та підлоги ( $p_{\text{п}} = 50\%$ ,  $p_{\text{с}} = 30\%$ ,  $p_{\text{р}} = 10\%$ ) та індексу  $i$ :

$$i = \frac{A \cdot \hat{A}}{h \cdot (A + B)} = \frac{6 \cdot 6,15}{2,23 \cdot (6 + 6,15)} = 1,36$$

$$\eta = 0,42$$

тоді

$$F_n = \frac{1,3 \cdot 36,9 \cdot 300 \cdot 1,15}{0,42} = 39403,92 \text{ Лм.}$$

Світловий потік в проектованій лампі:

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, падаючий на поверхню по формулі:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}$$

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, Лк (E = 300 Лк)

S - площа освітлюваного приміщення

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1... 1,2, нехай Z = 1,1);

K - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, і в нашому випадку K = 1,5);

n - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку - падаючого на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризується коефіцієнтами віддзеркалення від стін (РС) і стелі (РП)).

Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}$$

де S - площа приміщення,

h - висота підвісу, h = 6 м;

A - ширина приміщення, A = 48 м;

B - довжина приміщення. B = 110,7 м.

Підставивши значення одержимо:

$$I = \frac{5313,65}{6 \cdot (48 + 110,7)} = 5,58$$

Знаючи індекс приміщення I. по таблиці знаходимо n = 0,61

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 5313,65 \cdot 1,1}{0,61} = 4311896,311 \text{ Лм}$$

Висота підйому світильника:

$$h = h_{\Pi} - h_{CB} - h_p,$$

де  $h_{\Pi}$  - висота приміщення:

$h_{CB}$  - висота звісу світильника від місця кріплення ( $h_{CB} = 5\text{м.}$ );

$h_p$  - висота робочої поверхні над рівнем підлоги ( $h_p = 1,7\text{м.}$ ).

$$h = 16 - 5 - 1,7 = 9,3 \text{ м.}$$

Визначимо кількість рядів:

$$N_p = \frac{B}{L_A}$$

де B - ширина проектного приміщення.

де  $\chi$  - коефіцієнт найкращого світлорозподілення ( $\chi = 1,4$ )

$$N_p = \frac{48}{13,02} = 4 \text{ ряди}$$

Кількість світильників в одному ряді:  $N_{\text{на}} = \frac{A}{L_B} = \frac{A}{L_A}$

Необхідна кількість світильників N для приміщення:

$$N_{\Sigma} = N_p \cdot N_{\text{св}}$$

$$N_{\Sigma} = 9 \cdot 4 = 36 \text{ од.}$$

Світловий потік в проектованій лампі:

Обираємо лампу типу ДРЛ 1000 з такими даними:

Світловий потік  $F_{\text{ст}} = 90000 \text{ Лм}$ ; потужність 1000 Вт; напруга 220 В.

Освітлювальне навантаження приміщення:

$$P = P_{\text{л}} \cdot = 1000 \cdot 36 = 36000 \text{ Вт}$$

Максимальне освітлювальне навантаження приміщення:

$$P_{\text{м.о.}} = k_c \cdot P = 0,9 \cdot 36 = 32,4 \text{ кВт}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{м.о.} = P_{м.о.} \cdot tg\varphi_0 = 32,4 \cdot 1,62 = 52,488 \text{ квар.}$$

Розрахунок освітлення в інших приміщеннях проводимо аналогічно,

## 2.15 Розрахунок струмів короткого замикання

### 2.15.1. Вибір базисних величин

$$U_6 = 10,5 \text{ кВ} \quad S_6 = 100 \text{ МВА}$$

$$U_{6N} = \frac{1}{n_1 n_2 \dots n_m} U_{6, \text{осн}}, \quad n = \frac{U_{TP.H}}{U_{TP.B}}$$

де  $n_1, n_2, \dots, n_m$  - коефіцієнти трансформації трансформаторів (автотрансформаторів), включених каскадно між основною і N-й ступіннями напруги;

$$n = \frac{U_{TP.H}}{U_{TP.B}} = \frac{0,4}{10} = 25$$

$$U_{B1} = U_B = E_C = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{B2} = \frac{1}{n_1} U_{B1} = \frac{1}{25} \cdot 10,5 = 0,42 \text{ кВ}$$

$$I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{B2} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,42} = 137,46 \text{ кА}$$

*Система*

$$I_{K3}^{(3)} = 12,5 \text{ кА} \quad U_{CP.HOM} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$X_C = \frac{U_{CP.HOM}}{\sqrt{3} \cdot I_{K3}^{(3)}} = \frac{U_{CP.HOM}^2}{S_{K3}^{(3)}}$$

де  $U_{CP.HOM}$  - середня номінальна напруга мережі, кВ, що відповідає ступені напруги у вузлі якої відомо  $I_{K3}^{(3)}$  чи  $S_{K3}^{(3)}$  значення при цьому ЭДС системи варто приймати рівної середній номінальній напрузі мережі відповідної ступіні напруги.[17]

$$X_C = \frac{U_{CP.HOM}}{\sqrt{3} \cdot I_{K3}^{(3)}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 12,5} = 0,485 \text{ Ом}$$

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_c^* = \frac{U_A}{U_{A1}} = \frac{10,5}{10,5} = 1 \hat{a} \hat{i}$$

$$\tilde{O}_N^* = \tilde{O}_N \cdot \frac{S_A}{U_A^2} = 0,485 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,439 \hat{a} \hat{i}$$

*Трансформатори*

$$X_T = \frac{U_K \% \cdot U_{НОМ.Т}^2}{100 \cdot S_{НОМ.Т}}$$

$U_{НОМ.т}$  (кВ) – номінальна міжфазна напруга сторони трансформатора, до якого приводиться опір трансформатора (як правило, це сторона високої напруги);

$S_{НОМ.т}$  (МВА)- номінальна потужність трифазного трансформаторів чи трифазної групи однофазних трансформаторів ;

$U_k$  - напруга КЗ, % номінальної напруги;

$$X_{T1} = \frac{U_K \% \cdot U_{НОМ.Т}^2}{100 \cdot S_{НОМ.Т}} = \frac{5,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 1} = 5,5 \Omega$$

$$\tilde{O}_{01}^* = \tilde{O}_{01} \cdot \frac{S_A}{U_{A1}^2} = 5,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 4,99 \hat{a} \hat{i}$$

*Кабельні лінії*

$$\tilde{O}_{E1}^* = \tilde{O}_{E1} \cdot \frac{S_A}{U_{A1}^2} = 0,0137 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0136 \hat{a} \hat{i}$$

$$R_{E1}^* = R_{E1} \cdot \frac{S_A}{U_{A1}^2} = 0,0417 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0416 \hat{a} \hat{i}$$

$$z_{E1} = \sqrt{\tilde{o}_{E1}^2 + r_{E1}^2} = \sqrt{0,0136^2 + 0,041^2} = 0,0431 \hat{a} \hat{i}$$

Навантаження [18]

$$\tilde{O}_{f1}^* = 0,35 \cdot \frac{S_A}{S_{f1}} = 0,35 \cdot \frac{100}{0,265} = 136,72 \hat{a} \hat{i}$$

$$\tilde{A}_{f1}^* = 0,85 \cdot \frac{U_{\tilde{N} \tilde{D} \tilde{f} \tilde{f} \tilde{f} \tilde{f}}}{U_{A2}} = 0,85 \cdot \frac{0,4}{0,42} = 0,83 \hat{a} \hat{i}$$

## 2.15.2 Складання схеми заміщення

При складанні схеми заміщення для нормального режиму роботи використовуємо розрахункові значення елементів у в.о.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Складемо схему заміщення на прикладі розрахунку к.з. у точці КЗ.(рис. 2.1)

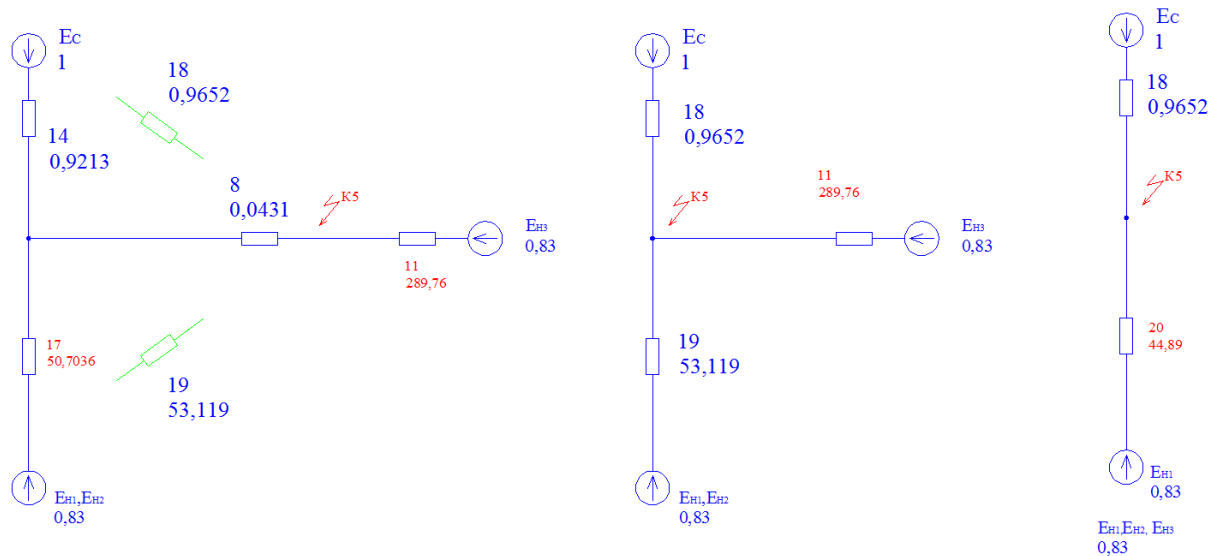


Рисунок 2.1

$$\tilde{O}_{11} = \tilde{O}_3 + \tilde{O}_4 = 5,5 + 58,74 = 64,246 \hat{a}$$

$$\tilde{O}_{12} = \tilde{O}_1 + \tilde{O}_2 = 0,439 + 0,468 = 0,907 \hat{a}$$

$$\tilde{O}_{13} = \tilde{O}_6 + \tilde{O}_7 = 5,5 + 58,74 = 64,24 \hat{a}$$

Знаходимо еквівалентні опори  $X_{14}$  і  $X_{15}$  методом коефіцієнтів розподілу.

$$\tilde{O}_{14} = \tilde{O}_3 + \tilde{O}_{12} + \frac{\tilde{O}_5 \cdot \tilde{O}_{12}}{\tilde{O}_{11}} = 0,0142 + 0,907 + \frac{0,0142 \cdot 0,907}{64,24} = 0,9214 \hat{a}$$

$$\tilde{O}_{15} = \tilde{O}_5 + \tilde{O}_{11} + \frac{\tilde{O}_5 \cdot \tilde{O}_{11}}{\tilde{O}_{12}} = 0,0142 + 64,24 + \frac{0,0142 \cdot 64,24}{0,907} = 65,26 \hat{a}$$

Перетворимо галузі схеми заміщення з ЭДС навантаження  $E_{Н1}$  і  $E_{Н2}$ .  
Тому що  $E_{Н1} = E_{Н2}$  тоді:

$$\tilde{O}_{16} = \frac{1}{\frac{1}{\tilde{O}_{13}} + \frac{1}{\tilde{O}_{15}}} = \frac{1}{\frac{1}{64,24} + \frac{1}{65,26}} = 32,37 \hat{a}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.15.3. Розрахунок початкового значення ПО 3х фазні струми к.з. у точці КЗ

Струм від системи С

$$I_{\dot{I}\dot{I}\dot{N}}^* = \frac{\dot{A}_{\dot{N}}^*}{\tilde{O}_{14}} = \frac{1}{0,9214} = 1,085\hat{a}$$

$$I_{\dot{I}\dot{I}\dot{N}}^* = I_{\dot{I}\dot{I}\dot{N}}^* \cdot I_{A1} = 1,085 \cdot 5,5 = 5,698\hat{a}$$

Струм від навантаження Н1,Н2,Н3

$$I_{\dot{I}\dot{I}\dot{f}}^* = \frac{\dot{A}_{\dot{I}\dot{I}\dot{f}}^*}{\tilde{O}_{16}} = \frac{0,83}{32,37} = 0,0256\hat{a}$$

$$I_{\dot{I}\dot{I}\dot{f}}^* = I_{\dot{I}\dot{I}\dot{f}}^* \cdot I_{A1} = 0,0256 \cdot 5,5 = 0,141\hat{a}$$

Сумарний струм к.з. у точці КЗ

$$I_{\dot{I}\dot{I}\dot{E5}} = I_{\dot{I}\dot{I}\dot{N}} + I_{\dot{I}\dot{I}\dot{f}} = 5,698 + 0,141 = 5,84\hat{a}$$

### 2.15.4 Розрахунок ударного струму к.з. у точці КЗ

Розрахунок зробимо по формулах:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot I_{по} \cdot n; \quad K_{y0} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}; \quad T_a = \frac{X}{\omega_c \cdot r}; \quad \omega_c = 2 \cdot \pi \cdot f$$

де  $f$  - частота мережі 50Гц.

$K_{y0}$  - ударний коефіцієнт, що залежить від постійної часу  $T_a$  аперіодичної складової струму КЗ

$$\omega_c = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314$$

Ударний струм з боку навантаження підходящій до точки к.з. КЗ

$$r_i = \frac{\tilde{O}_{16}}{2,5} = \frac{32,37}{2,5} = 12,95\hat{a}$$

$$\dot{O}_{a(f)} = \frac{\tilde{O}_{16}}{\omega_n \cdot r} = \frac{32,37}{314 \cdot 17,965} = 0,005$$

$$K_{y0} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}} = 1 + 2,718^{\frac{-0,01}{0,008}} = 1,286$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.f}^* = \sqrt{2} \cdot I_{f.f}^* \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = 1,414 \cdot 0,0256 \cdot 1,286 = 0,046 \hat{A}$$

$$i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.f} = i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.f}^* \cdot I_{A1} = 0,046 \cdot 5,5 = 0,253 \hat{A}$$

Ударний струм з боку системи підходящій до точки к.з. КЗ

$$r_c = \frac{\tilde{O}_{\tilde{N}}}{60} = \frac{0,9214}{60} = 0,0153 \hat{A} \quad \tilde{O}_{\tilde{N}} = \tilde{O}_{14}$$

$$\dot{O}_{\dot{\alpha}(\tilde{N})} = \frac{\tilde{O}_{16}}{\omega_{\tilde{n}} \cdot r} = \frac{0,9214}{314 \cdot 0,016} = 0,18$$

$$K_{y0} = 1 + e^{\frac{-0,01}{Ta}} = 1 + 2,718^{\frac{-0,01}{0,192}} = 1,949$$

$$i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.\tilde{N}}^* = \sqrt{2} \cdot I_{f.\tilde{N}}^* \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = 1,414 \cdot 1,085 \cdot 1,286 = 1,972 \hat{A}$$

$$i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.f} = i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.f}^* \cdot I_{A1} = 1,972 \cdot 5,5 = 10,85 \hat{A}$$

Сумарний ударний струм к.з у точці КЗ складе:

$$i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.\hat{E}5} = i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.\tilde{N}} + i_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}.f} = 10,85 + 0,253 = 11,1 \hat{A}$$

### 2.15.5 Розрахунок 3х фазного к.з. у точці К4 на низькій стороні 0,4кв.

#### Система

При розрахунку струмів КЗ в електроустановках, що одержують живлення безпосередньо від мережі енергосистеми, допускається вважати, що понижуючі трансформатори підключені до джерела незмінного по амплітуді напруги через еквівалентний індуктивний опір системи. Значення цього опору ( $x_c$ ) у мільйомах, приведене до ступіні нижчої напруги мережі, розраховують по формулі. [19]

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{\sqrt{3} I_{\text{к.ВН}} U_{\text{ср.ВН}}} = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{S_k} \cdot 10^{-3},$$

де  $U_{\text{ср.НН}}$  - середня номінальна напруга мережі, підключеної до обмотки нижчої напруги трансформатора, В;

$U_{\text{ср.ВН}}$  - середня номінальна напруга мережі, до якого підключена обмотка вищої напруги трансформатора, В;

$I_{\text{к.ВН}} = I_{\text{по ВН}}$  - діюче значення періодичної складової струму при трифазному КЗ у висновків обмотки вищої напруги трансформатора, кА;

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



$$I_{\text{по.ВН}} = I_{\text{по.КЗ}} = 5,8 \text{ кА}$$

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.ВН}} \cdot U_{\text{ср.ВН}}} \cdot 10^3 = \frac{400^2}{1,732 \cdot 5,8 \cdot 10,5} \cdot 10^{-3} = 1,516 \text{ мОм}$$

### Трансформатор

Активний і індуктивний опори прямої послідовності понижуючих трансформаторів ( $r_T$ ,  $x_T$ ) у миллиомах, приведені до ступіні нижчої напруги мережі, розраховують по формулах: [19]

$$r_T = \frac{P_{\text{к.ном}} U_{\text{НН.ном}}^2}{S_{\text{Т.ном}}^2} \cdot 10^6$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left( \frac{100 P_{\text{к.ном}}}{S_{\text{Т.ном}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НН.ном}}^2}{S_{\text{Т.ном}}} \cdot 10^4$$

де  $S_{\text{Т.ном}}$  - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$P_{\text{Т.ном}}$  - утрати короткого замикання в трансформаторі, кВт;

$U_{\text{НН.ном}}$  - номінальна напруга обмотки нижчої напруги трансформатора, кВ;

$u_k$  - напруга короткого замикання трансформатора, %.

$$r_T = \frac{P_{\text{к.ном}} U_{\text{НН.ном}}^2}{S_{\text{Т.ном}}^2} \cdot 10^6 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5,5 \text{ мОм}$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left( \frac{100 P_{\text{к.ном}}}{S_{\text{Т.ном}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НН.ном}}^2}{S_{\text{Т.ном}}} \cdot 10^4 = \sqrt{4,5^2 - \left( \frac{100 \cdot 5,5}{400} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 17,14 \text{ мОм}$$

### 2.15.6 Розрахунок початкового значення періодичної складової струму КЗ.

При електропостачанні електроустановки від енергосистеми через понижуючий трансформатор початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму КЗ ( $I_{\text{по}}$ ) у килоамперах без обліку підживлення від електродвигунів розраховують по формулі: [19]

$$I_{\text{по}} = \frac{U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}}$$

де  $U_{\text{ср.НН}}$  - середня номінальна напруга мережі, у якій відбулося коротке замикання, В;

$r_{1\Sigma}$ ,  $x_{1\Sigma}$  - відповідно сумарне активне і сумарне індуктивне опору прямої

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовності ланцюга КЗ, мОм.

$$r_{1\Sigma} = r_T = 5,5 \text{ мОм}$$

$$x_{1\Sigma} = x_C + x_T = 1,516 + 17,14 = 18,656 \text{ мОм}$$

$$I_{\text{по}} = \frac{U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}} = \frac{400}{1,732 \cdot \sqrt{5,5^2 + 18,656^2}} = 11,87 \text{ кА}$$

*Розрахунок аперіодичної складовий*

$$i_{a0} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} = \sqrt{2} \cdot 11,87 = 16,786 \text{ кА}$$

*Розрахунок ударного струму к.з.*

Ударний струм трифазного КЗ ( $i_{\text{уд}}$ ) в електроустановках з одним джерелом енергії (чи енергосистема автономне джерело) розраховують по формулі  $i_{\text{уд}} = \sqrt{2} I_{\text{по}} K_{\text{уд}}$

де  $K_{\text{уд}}$  - ударний коефіцієнт, що може бути визначений по кривих (малюнок 2.2)

Криві залежності ударного коефіцієнта  $K_{\text{уд}}$  від відносин  $r/x$  и  $x/r$

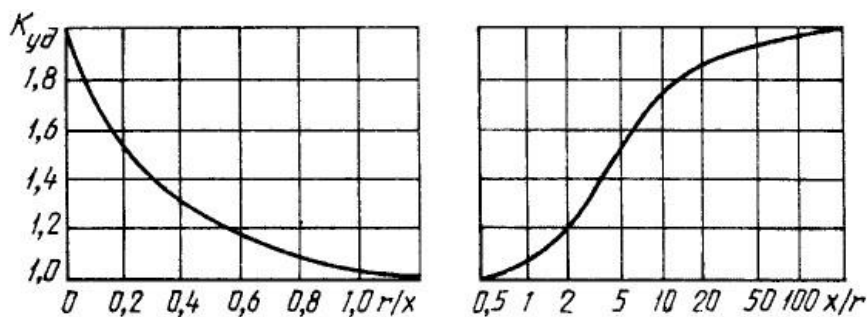


Рисунок 2.2

$x$  - індуктивний опір ланцюга КЗ,  $r$  - активний опір ланцюга КЗ

$$\frac{r_{1\Sigma}}{x_{1\Sigma}} = \frac{5,5}{18,656} = 0,294 \quad \text{тогда} \quad K_{\text{уд}} = 1,4$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} I_{\text{по}} K_{\text{уд}} = 1,414 \cdot 11,87 \cdot 1,4 = 23,5 \text{ кА}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.16 Вибір апаратів захисту

Для перевірки провідників і електричних апаратів на термічну стійкість при КЗ попередньо повинні бути обрані розрахункова точка КЗ, розрахунковий вид КЗ і розрахункова тривалість КЗ.

Розрахунковим видом КЗ при перевірці провідників і електричних апаратів в електроустановках понад 1 кВ аж до 35 кВ - трифазне КЗ.

Розрахункову тривалість КЗ при перевірці провідників і електричних апаратів на термічну стійкість при КЗ варто визначати додаванням часу дії основного релейного захисту, у зону дії якої входять провідники, що перевіряються, і апарати, і повного часу відключення найближчого до місця КЗ вимикача. [20]

### 2.16.1 Перевірка кабелю на термічну стійкість до струмів к.з.

Перевіримо обраний перетин кабелю (ГПП-РП). Струм к.з. на шинах РП складає  $I_{по} = 6,196 \text{ кА}$ . Час дії струму  $t = 0,73 \text{ с}$ .

$$S_{TV} = \frac{I_{к.з.} \cdot \sqrt{t}}{C}$$

де  $C = 95$  - постійне значення для кабелів з алюмінієвими жилами 10кВ.

$$S_{TV} = \frac{6196 \cdot \sqrt{0.73}}{95} = 55,72 \text{ мм}^2$$

Обраний кабель  $S = 120 \text{ мм}^2$   $I = 232 \text{ А}$  підходить по умовам к.з.

### 2.16.2. Перевірка головного і секційного вимикача на РП.

Дані по струмах к.з. і напрузі на шинах РП

$$I_{по} = 6,196 \text{ кА}, \quad U_{В.ном} = 10 \text{ кВ}, \quad i_{уд} = 16,903 \text{ кА}, \quad i_{a0} = 8,725 \text{ кА}$$

Потужність на шинах РП  $S = 1947,97 \text{ кВА}$ .

$$\text{Струм через вимикач в аварійному режимі} \quad I_{A.P.} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1947,97}{1.732 \cdot 10} = 112,5 \text{ А}$$

$$\text{У нормальному режимі} \quad I_{H.P.} = \frac{I_{A.P.}}{2} = \frac{112,5}{2} = 56,2 \text{ А}$$

Вимикачі повинні вибиратися за умовами:

$$U_{ном} \geq U_{сети ном};$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном.расч.}}$$

$$K_{\text{пг}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч.}}$$

$K_{\text{пг}}$  - коефіцієнт перевантаження

Перевірку вимикачів варто робити за умовами:

$$I_{\text{вкл}} \geq I_{\text{п0}};$$

$$i_{\text{вкл}} \geq i_{\text{уд}};$$

$$I_{\text{пр.скв}} \geq I_{\text{п0}};$$

$$i_{\text{пр.скв}} \geq i_{\text{уд}};$$

таблиця 2.3 Характеристика вакуумного вимикача застосовуваного в осередках КСО

Тип	U <sub>ном</sub> , кВ	I <sub>ном</sub> , А	I <sub>ном.откл.</sub> , кА	Граничний наскрізний струм КЗ, кА		Номинальний струм включення, кА		Струм термічної стійкості, кА/допустимий час його дії, с (I <sub>тер.ном</sub> )	Повний час відключенн я с
				Найбільш ий струм	Початкове діюче значення періодичної складової	Найбільший пік	Початкове діюче значення періодичної складової		
ВБСК-10-12,5/630	10	630	12,5	32	12,5	32	12,5	12,5/3	0,05

Перевірка вимикача:

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{сети.ном}} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А} \geq I_{\text{прод.расч}} = 56,2 \text{ А} (I_{\text{А.Р}} = 112,5 \text{ А})$$

2) Перевірка вимикача по здатності, що відключає, і електродинамічну стійкість

$$I_{\text{вкл}} = 12,5 \text{ кА} \geq I_{\text{п0}} = 6,196 \text{ кА}$$

$$i_{\text{вкл}} = 32 \text{ кА} \geq i_{\text{уд}} = 16,903 \text{ кА}$$

$$I_{\text{пр.скв.}} = 12,5 \text{ кА} \geq I_{\text{п0}} = 6,196 \text{ кА}$$

$$i_{\text{пр.скв}} = 32 \text{ кА} \geq i_{\text{уд}} = 16,903 \text{ кА}$$

3) Перевірка вимикача на термічну стійкість

Постійна часу загасання аперіодичної складової струму к.з.  $T_a = 0,19$

Тривалість к.з.  $t_{\text{откл}} = 0,73 \text{ з}$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{откл} \geq 3 \cdot T_a \Rightarrow 0,73 \geq 0,57$$

У тих випадках, коли  $t_{откл} \geq 3 T_a$ , інтеграл Джоуля і термічно еквівалентний струм к.з припустимо визначати по формулах:

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a);$$

$$I_{тер.мт.}^2 \cdot t_{тер.} \geq B_k$$

де  $B_k$  розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a) = 6,196^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{откл.} = 12,5^2 \cdot 0,73 = 114,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.мт.}^2 \cdot t_{тер.} = 114,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Обраний вимикач задовольняє всім умовам перевірки.

### 2.16.3. Вибір і перевірка роз'єднувачів для ТП-10/0,4 (РП)

Так як потужність кожного трансформатора ТП складає 1000кВА, для трансформатора вибираємо роз'єднувач РВЗ 10/1600.

Таблиця 2.4 Характеристика роз'єднувача застосовуваного в осередках КСО-285

Серія	напруга кВ		Номинальний струм А	Стійкість при наскрізних струмах к.з. А		
	номинальне	найбільше		Найбільший пік	Струм термічної стійкості	
					протягом 3с	протягом 1 с
PB3 10/400	10	12	1600	80	31,5	31,5

Перевірка роз'єднувача:

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ} \geq U_{СЕТИ.НОМ} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{НОМ} = 400 \text{ А} \geq I_{ПРОД.РАСЧ} = 56,2 \text{ А} (I_{А.Р} = 112,5 \text{ А})$$

2) Перевірка роз'єднувача на електродинамічну стійкість

$$i_{ПР.СКВ} = 41 \text{ кА} \geq i_{уд} = 16,903 \text{ кА}$$

3) Перевірка роз'єднувача на термічну стійкість

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a);$$

$$I_{тер.мт.}^2 \cdot t_{тер.} \geq B_k$$

де  $B_k$  - розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a) = 6,196^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{откл.} = 16^2 \cdot 0,73 = 186,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.мт.}^2 \cdot t_{тер.} = 186,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Обраний роз'єднувач задовольняє всім умовам перевірки.

#### 2.16.4 Перевірка плавких запобіжників ТП-10/0,4 (РП)

Трансформатори 10/0,4 кВ у сільській і міській розподільній електричній мережах потужністю до 0,63 МВ-А включно, як правило, захищаються плавкими запобіжниками на стороні 10 кВ.

Плавкі запобіжники повинні вибиратися за умовами:

$$U_{ном} = U_{сети ном};$$

$$I_{ном} \geq I_{норм.расч};$$

$$K_{пп} I_{ном} \geq I_{прод.расч}.$$

Проверку плавких запобіжників варто робити за умовами:

$$I_{откл.ном} \geq I_{п.ож} \approx I_{п0}$$

ТП в аварійному режимі (на один трансформатор  $S_{тр}=1000$  кВА) споживана потужність складає:

$$S_{п}=272,08 \text{ кВА} \quad I=75,1 \text{ А}$$

Таблиця 2.5 Характеристики запобіжників застосовуваного в осередках КСО-285

Тип запобіжника	U <sub>ном</sub> ,кВ	U <sub>мах</sub> ,кВ	I <sub>ном</sub> .А	I <sub>ном.откл.</sub> кА
ПКТ103-10-31,5-12,5УЗ	10	12	100	12,5

Вибираємо запобіжник ПКТ103-10-31,5-12,5УЗ I<sub>ном</sub> = 100А

Перевірка:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{сети ном} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 31,5 \text{ А} \geq I_{норм.расч} = 15,7$$

$$I_{откл.ном} = 12,5 \text{ кА} \geq I_{п0} = 6,196 \text{ кА}$$

Обраний запобіжник підходить по умовам перевірки.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.16.5 Перевірка вимикача навантаження ТП1.

Дані по струмах к.з. і напрузі на шинах ТП1

$$I_{ПО} = 6,076 \text{ кА}, U_{В.ном} = 10 \text{ кВ}, i_{уд} = 16,645 \text{ кА}$$

Потужність на шинах ТП1  $S = 1300,06 \text{ кВА}$ .

Струм через вимикач навантаження в аварійному режимі

$$I_{A.P.} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1300,06}{1,732 \cdot 10} = 75,1 \text{ А}$$

У нормальному режимі

$$I_{H.P.} = \frac{I_{A.P.}}{2} = \frac{75,1}{2} = 37,55 \text{ А}$$

Таблиця 2.6 Характеристика вимикача навантаження застосовуваного в осередках КСО-285

Тип	U <sub>ном</sub> , кВ	I <sub>ном</sub> , А	I <sub>ном.откл.</sub> , кА	Граничний наскрізний струм КЗ, кА		Номинальний струм включення, кА		Струм термічної стійкості, кА/допустимий час його дії, с (I <sub>тер.ном</sub> )
				Найбільший струм	Початкове діюче значення періодичної складової	Найбільший пік	Початкове діюче значення періодичної складової	
ВНА-П-10/630-20з(п)	10	630	20	51	20	51	20	20/1

Перевірка вимикача навантаження:

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ} \geq U_{СЕТИ.НОМ} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{НОМ} = 630 \text{ А} \geq I_{ПРОД.РАСЧ} = 37,55 \text{ А} (I_{A.P.} = 75,1 \text{ А})$$

2) Перевірка за здатністю, що відключає

$$I_{ВКЛ} = 20 \text{ кА} \geq I_{ПО} = 6,076 \text{ кА}$$

$$i_{ВКЛ} = 51 \text{ кА} \geq i_{уд} = 16,645 \text{ кА}$$

3) Перевірка на електродинамічну стійкість

$$i_{ПР.СКВ} = 51 \text{ кА} \geq i_{уд} = 16,645 \text{ кА}$$

4) Перевірка на термічну стійкість

Розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a) = 6,076^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 33,96 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{откл.} = 20^2 \cdot 0,73 = 292 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{тер.} = 292 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k = 33,96 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Обраний вимикач навантаження задовольняє всім умовам перевірки.

### 2.16.6 Вибір трансформатора струму

Трансформатор ТОЛ-10 призначений для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і пристроям захисту і керування, для ізолювання ланцюгів вторинних з'єднань від високої напруги в комплектних пристроях внутрішньої і зовнішньої установок (КРУ, КРУН і КСО) перемінного струму на клас напруги до 10 кВ частоти 50 чи 60 Гц.

Таблиця 2.7 Трансформатор струму на введенні РП

Серія	напруга кВ		Номінальний первинний/вторинний ток А	Ітер.ст. Односекундний струм термічної стійкості, кА,	Струм ім.дин електродинамічної стійкості, кА,
	номінальне	найбільше			
ТОЛ-10-5	10	12	1500/5	31,5	100

Струм через т.с. в аварійному режимі  $I_{А.Р.} = 112,48 \text{ А}$

У нормальному режимі  $I_{Н.Р.} = 56,24 \text{ А}$

Дані по струмах к.з. і напрузі на шинах РП

$I_{ПО} = 6,196 \text{ кА}$ ,  $U_{В.ном} = 10 \text{ кВ}$ ,  $i_{уд} = 16,903 \text{ кА}$  Перевірка трансформатора струму:

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ} \geq U_{СЕТИ.НОМ} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{НОМ} = 150 \text{ А} \geq I_{ПРОД.РАСЧ} = 53,8 \text{ А} (I_{А.Р} = 107,6 \text{ А})$$

2) Перевірка на електродинамічну стійкість

$$I_{М.ДИН} = 51 \text{ кА} \geq i_{уд} = 16,903 \text{ кА}$$

3) Перевірка на термічну стійкість

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a);$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



$$I_{\text{тер.мт.}}^2 \cdot t_{\text{тер.}} \geq B_k$$

де  $B_k$  розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_k \approx I_{\text{п.о}}^2 (t_{\text{откл}} + T_a) = 6,196^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{\text{тер.ст.}}^2 \cdot t_{\text{откл.}} = 20^2 \cdot 0,73 = 292 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{\text{тер.мт.}}^2 \cdot t_{\text{тер.}} = 292 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Обраний тр.струму задовольняє всім умовам перевірки.

### 2.16.7 Вибір і перевірка трансформатора напруги

1) Вибираємо трансформатор напруги типу НТМИ-10, що має наступні характеристики:

$$U_{\text{ном.ВН}} = 10 \text{ кВ}; \kappa = 0,5; S_{\text{ном}} = 150 \text{ ВА}; S_{\text{max}} = 1000 \text{ ВА}; I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1000}{1,73 \cdot 10000} = 0,06 \text{ А}$$

Перевірка трансформатора по номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} = U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$$

Обраний трансформатор задовольняє умові вибору

Вибір запобіжника для захисту трансформатора напруги

2) Вибираємо запобіжник типу ПКТ101-10-2-12.5УЗ

Таблиця 2.8

Тип запобіжника	U <sub>ном</sub> ,кВ	U <sub>мах</sub> ,кВ	I <sub>ном</sub> .А	I <sub>ном.откл.</sub> кА
ПКТ101-10-2-12.5УЗ	10	12	2	12,5

Перевірка за номінальною напругою і струмом:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} = U_{\text{сети ном}} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{ном}} = 2 \text{ А} \geq I_{\text{норм.расч}} = 0,06 \text{ А}$$

Обраний запобіжник задовольняє умові вибору

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Спеціальна частина.

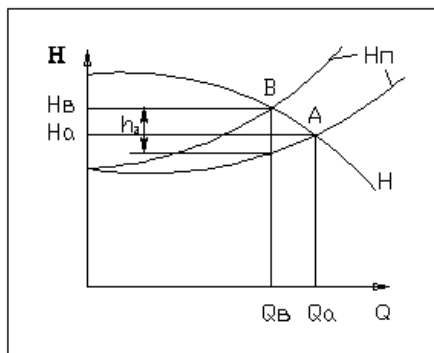
#### Регулювання вентиляторної установки.

Подача вентиляторної установки, визначається робочою точкою, тобто точкою перетину характеристики напору (тиску) вентилятора та характеристики мережі. В багатьох випадках технологічні потреби вимагають мати іншу подачу, ніж в робочій точці – більшу або меншу. Заміна подачі може бути виконана за рахунок зміни характеристики нагнітача або мережі.

До останнього часу привід турбомеханізмів виконувався нерегульованим, при цьому питання регулювання режимів при необхідності вирішувалось за допомогою засувки-дроселювання. Розглянемо регулювання за допомогою дроселювання:

#### 3.1 Дроселювання.

На початку напірної лінії встановлений дросель – засувка (після насоса) або шибер (після вентилятора). При закриванні дроселя на ньому, як на місцевому гідравлічному опорі, збільшується втрата напору  $h_z$ , за рахунок чого змінюється характеристика мережі. Робоча точка переміщується з положення А в положення В, при цьому подача зменшується,  $Q_B < Q_A$ , а напір збільшується  $H_B > H_A$ .



**Рисунок 3.1** Характеристика вентиляторної установки при дросельному способі регулювання.

					ДП 2410.ОА-з51-1 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Спеціальна частина		
Розроб.	Заболотний						
Перевір.	Дубовик В.Г						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Розен В.П.				НТУУ "КПІ" каф. АУЕК		

Цей спосіб регулювання дуже простий, не потребує спеціального обладнання і дає можливість тільки зменшувати подачу – від повністю відкритому дроселі до нуля при повністю закритому. На дроселі втрачається частина напору, який створює нагнітач. Ці втрати зовсім не потрібні для перекачування рідини, і причому вони збільшуються при зменшенні подачі. З рисунка видно, що на якійсь ділянці при зменшенні ККД нагнітача може і збільшитись, а його споживана потужність постійно зменшується. Але корисна потужність нагнітальної установки в цілому  $pgQ_v(H_v-h_3)$  зменшується, при чому в більшій мірі, ніж споживана потужність нагнітача. ККД нагнітальної установки постійно зменшується при закриванні дроселя.

$$\eta_{\text{нп}} = \frac{pgQ_v(H_v - h_3)}{pgQ_v H_v / \eta} = \frac{H_v - h_3}{H_v} \eta$$

Тому цей спосіб регулювання неекономічний.

### 3.2 Регулювання за допомогою перетворювача частоти.

#### 3.2.1 Частотний перетворювач.

Для плавного запуску й зупинки двигуна, а також для плавного регулювання швидкості обертання (і продуктивності) вентиляторного агрегату використовується перетворювач частоти (ПЧ) [ ].

Перетворювачі частоти призначені для керування швидкістю обертання трифазних асинхронних електродвигунів, забезпечуючи їхній плавний пуск, зупинку і захист.

Асинхронні двигуни широко поширені, надійні, мають відносно невисоку вартість, гарні експлуатаційні якості. Регулятори швидкості їхнього обертання через складність систем електронного регулювання частоти живлячої напруги коштували до початку 80-х років дорого й не мали якості, необхідними для широкого впровадження в індустрію.

Сьогодні не можна знайти галузь, де б не застосовувалися частотно-частотно-регульовані електроприводи із приводними асинхронними двигунами. Більшість виробничих машин і механізмів загальнопромислового

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування (насоси, вентилятори, конвеєри, компресори й т.п.) вимагають щодо невеликого діапазону й невисокої точності регулювання швидкості (до 1:20), а також щодо низької швидкодії. У цьому випадку використовують електроприводи із системою скалярного керування асинхронних двигунів, тобто із взаємозалежним регулюванням частоти й значення живлячої напруги (V/F).

### **3.2.2 Деякі аспекти ефективності впровадження систем із частотно - регульованими приводами**

Можливість керування частотою обертання короткозамкнених асинхронних електродвигунів була доведена відразу ж після їхнього винаходу, а реалізувати цю можливість удалося лише з появою силових типів напівпровідникових приладів. У цей час в усім світі широко реалізується спосіб керування асинхронним двигуном, що сьогодні розглядається не тільки з точки зору економії енергії, але й удосконалювання керування технологічним процесом.

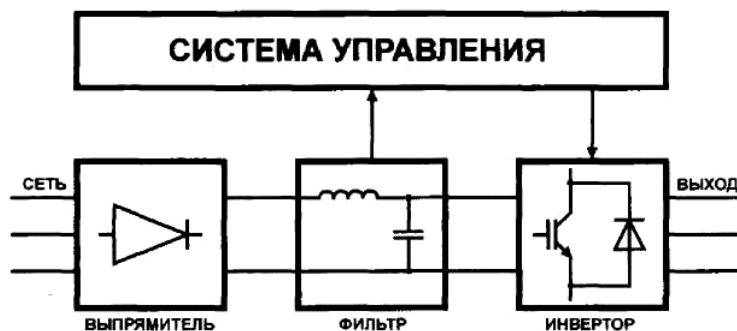
Швидкий ріст ринку перетворювачів частоти для асинхронних двигунів не в останню чергу став можливий у зв'язку з появою нової елементної бази - силових модулів на базі IGBT (біполярний транзистор з ізолюваним затвором), розрахованих на струми до декількох килоампер, напругою до декількох кіловольтів і комутації, що мають частоту, 30 кГц і вище.

Існує два основних типи перетворювачів частоти:

- с безпосереднім зв'язком;
- с проміжним контуром постійного струму.

У першому випадку вихідна напруга синусоїдальної форми формується з ділянок синусоїд преутвореної вхідної напруги. При цьому максимальне значення вихідної частоти принципово не може бути рівним частоті живлячої

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.2** Перетворювач частоти із проміжним контуром постійного струму.

мережі. Частота на виході перетворювача цього типу звичайно лежить у діапазоні від 0 до 33 Гц. Найбільше поширення одержали перетворювачі частоти із проміжним контуром постійного струму, виконані на базі інверторів напруги. Структурна схема такого перетворювача показана на мал.3.2.

### 3.2.3. Типи навантажень

Вимоги до електропривода визначаються діапазоном необхідних швидкостей і типом навантаження. Деякі види навантаження мають змінну механічну характеристику, для якої момент навантаження зростає зі збільшенням швидкості обертання. Типовим прикладом пристроїв з таким навантаженням є відцентрові насоси й вентилятори, чия механічна характеристика описується рівнянням квадратичної параболи, а виходить, споживана потужність пропорційна кубу швидкості обертання. Із цього треба, що навіть невелике зниження швидкості електропривода може дати значний виграш у потужності - от чому економія електроенергії є головною перевагою використання керованого електропривода для насосів і вентиляторів. Теоретично зниження швидкості на 10% дає 30-процентну економію потужності.

**Насосні й вентиляційні системи.** До категорії механізмів, у яких початковий момент залежить від швидкості й має квадратичну залежність,

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ставляться відцентрові насоси й вентилятори.

Завдяки квадратичній характеристиці  $U/f$  і можливості її динамічного вибору, перетворювач дозволяє управляти насосами й вентиляторами з, наближаючись до їхньої природної характеристики й тим самим скорочуючи втрати енергії.

Необхідно також більш докладно відзначити вже згадувану раніше функцію динамічного вибору характеристики  $U/f$ . При зниженні навантаження на валу двигуна й, відповідно, зменшенні струму статора перетворювач знижує напруга на статорі двигуна, зберігаючи частоту незмінної. Завдяки зниженню напруги зменшуються втрати енергії в статорі двигуна, а виходить, і загальні втрати енергії в приводній системі стають нижче. При зростанні навантаження на валу двигуна процес протікає у зворотній послідовності й ПЧ повертається на номінальну характеристику.

Наявність програмувального ПД -регулятора (тобто з інтегруванням по пропорційно -інтегрально-диференціальному законі) дозволяє організувати автоматичний контроль за аналоговим сигналом, що приходить із датчика (тиску, температури, рівня) зворотного зв'язку. Програмувальні релейні виходи дозволяють організувати роботу вентиляторної станції у холостому режимі, що дозволяє зменшити потужність вентиляторів за рахунок збільшення їхньої кількості; постійно контролювати кількість включених вентиляторів, що істотно зменшує витрату електроенергії й збільшує ресурс вентиляторів. Необхідно відзначити також наявність частот, що пропускають, що набудовують користувачем, що дозволяють уникнути резонансу в механізмі й двигуні. З функцій, корисних при керуванні насосами й вентиляторами, слід також зазначити можливість "підхоплення" обертового двигуна й можливість автоматичного перезапуску його при зникненні живлення або рестарту при аварійному відключенні. Перетворювач може перезапускатися до 10 разів із затримкою перед включенням від 5 до 25с, що досить для переважної більшості насосів і вентиляторів.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перетворювачі можуть комплектуватися додатковим зовнішнім фільтром радіочастот, застосування якого дозволяє ПЧ із запасом відповідати самим твердим вимогам по електромагнітній сполучимості (ЕМС).

Сукупність якостей перетворювача частоти робить його незамінним для керування відцентровими насосами й вентиляторами, а наявність різноманітних модулів розширення дозволяє створювати на його базі локальні системи керування й/або інтегрувати ПЧ у вже в існуючі системи керування.

### **3.2.4.Енергетичні втрати й вид регулювання**

Втрати енергії в технологічному процесі залежать від технологічного навантаження, обумовленої споживачем, і втрат напору на встаткуванні вентиляторної установки, які визначаються гідравлічним опором елементів схеми. Для організації технологічного процесу з мінімальними енергетичними втратами необхідно в першу чергу знизити втрати напору між трубопроводом вентиляторного агрегату й мережею споживачів.

Крім того, у процесі функціонування залежно від режимів роботи системи може мінятися тиск перед вентилятором, створюване джерелом водопостачання. Вимір цього тиску також відбивається на величині тиску в мережі споживачів.

Такий характер взаємозв'язку параметрів вимагає установки в системі дросельних регулюючих елементів - регулюючих клапанів (іноді їхню функцію виконують напірні засувки агрегатів). Ці елементи створюють додатковий гідравлічний опір і дозволяють забезпечити стабільний тиск у мережному трубопроводі. При використанні дросельних елементів відбувається розподіл напору на елементах системи.

На величину втрат при дросельному регулюванні впливає не тільки регулюючий елемент: найчастіше на етапі проектування вибирається вентиляторний агрегат з певним запасом напору, а при заміні вентиляторних

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

агрегатів нове обладнання може мати трохи завищені характеристики. Крім того,

діапазон зміни вхідних тисків (перед усмоктувальним патрубком вентиляторного агрегату) впливає на величину тиску за аентиляторним агрегатом. Всі ці обставини приводять до того, що втрати енергії в ході технологічного процесу стають досить більшими, сягаючими 45 і більше відсотків від номінальної потужності агрегату.

Для рішення завдання мінімізації втрат, пов'язаних з регулюванням тиску в мережі, необхідно виключити додаткові гідравлічні опори на ділянці від вентиляторного агрегату до мережного трубопроводу, тобто необхідно повністю відкрити всі запірно-регулюючі арматури. Це можна зробити, якщо процес регулювання тиску передати вентиляторному агрегату. Теорія роботи нагнітачів (насосів і вентиляторів) доводить, що зміна частоти обертання привода нагнітача змінює його напірні характеристики, крім того, напір створюваний нагнітачем, пропорційний квадрату частоти обертання агрегату. Зміна напірних характеристик вентиляторного агрегату при зміні частоти обертання показане на мал.3.3, на якому крива 1 відповідає номінальної (при номінальній частоті обертання привода) напірній характеристиці, а криві 2-4 - напірним характеристикам при зниженій частоті обертання.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



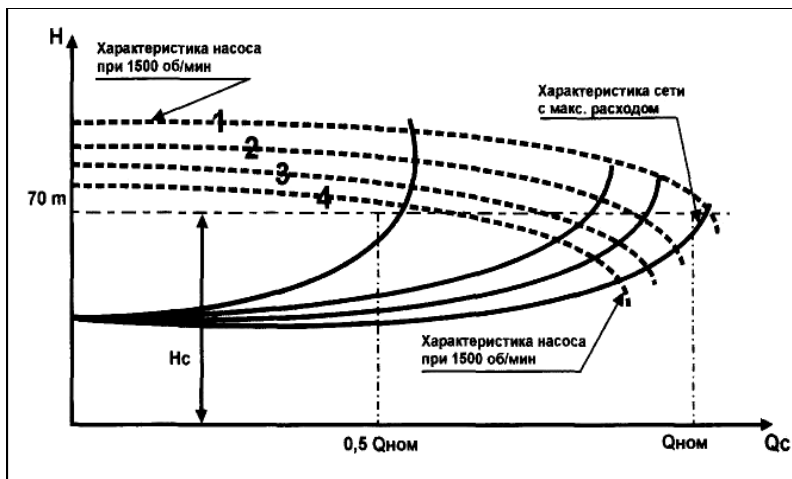


Рисунок 3.3 Зміна напірних характеристик вентиляторного агрегату при зміні частоти обертання.

Якщо організувати роботу привода вентиляторної установки таким чином,

щоб він при зміні параметрів технологічного процесу (витрати в мережі й тиски на вході агрегату) змінював частоту обертання, то в підсумку можна без істотних втрат енергії стабілізувати тиск у мережі споживачів. При такому способі регулювання виключаються втрати напору (немає дросельних елементів), а виходить, і втрати гідравлічної енергії.

Спосіб регулювання тиску в мережі шляхом зміни частоти обертання привода вентиляторної установки знижує енергоспоживання ще й з іншої причини. Властиво вентилятор як пристрій перетворення енергії має свій коефіцієнт корисної дії - відношення механічної енергії, прикладеної до вала, до гідравлічної енергії, одержуваної в напірному трубопроводі вентиляторної установки. Характер зміни коефіцієнта корисної дії вентилятора залежно від витрати рідини  $Q$  при різних частотах показаний на мал.3.4.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до теорії подоби максимум коефіцієнта корисної дії зі зменшенням частоти обертання трохи знижується й зміщається вліво. Аналіз необхідної зміни частоти вентиляторної установки при зміні витрати в мережі показує, що зі зменшенням витрати потрібне зниження частоти обертання.

Якщо розглянути роботу агрегату для витрати менше номінального (мал.4, вертикальні лінії А і В), то для цих режимів раціонально працювати на зниженій частоті обертання. У цьому випадку ККД вентилятора вище, ніж при роботі на номінальній частоті обертання. Таким чином, зниження частоти обертання відповідно до технологічного навантаження дозволяє не тільки заощаджувати споживану енергію на виключенні гідравлічних втрат, але й одержати економічний ефект за рахунок підвищення коефіцієнта корисної дії самого вентилятора - перетворення механічної енергії в гідравлічну.

Застосування частотного регулювання приводів дозволяє істотно зменшити й експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням агрегатів і систем. Наприклад, зниження перепаду тиску між усмоктувальними й напірним патрубками вентилятонох установки збільшує термін служби чепцевих ущільнень, практично крім гідроударів, і забезпечує стабільність тисків у трубопроводах мереж, а також мінімізує витрати на обслуговування.

### **3.2.5.Режими гальмування електродвигуна й способи зупинки.**

Найпростіший спосіб зупинки - вибіг електродвигуна. Двигун відключається від живильної мережі й зупиняється по інерції. При цьому час до повної зупинки не регулюється й визначається інерційними властивостями двигуна і його навантаження.

Регульований час гальмування забезпечує генераторний спосіб, що полягає в тім, що перетворювач із необхідною швидкістю зменшує вихідну частоту до необхідного значення. При цьому двигун перетворюється в генератор, що перетворить кінетичну енергію обертання в електричну. Залежно від типу пристрою, що випрямляє, енергія повертається в первинну

мережу або накопичується в контурі перетворювача частоти. У другому випадку й у випадку навантаження з більшим моментом інерції для розсіювання енергії може знадобитися застосування зовнішнього гальмового опору, підключення якого при виникненні небезпечної перенапруги в проміжному контурі перетворювача здійснює спеціальна контролююча схема. Таким чином, перевагою генераторного гальмування є передбачуваний час і плавність зупинки, високий гальмовий момент. Недолік же полягає в тім, що енергія виділяється в перетворювачі, тому у випадку швидкого зупинки або великого моменту інерції навантаження для запобігання перегріву убудованого резистора контуру постійного струму перетворювача необхідне використання зовнішнього опору.

Для того щоб здійснити гальмування постійним струмом, або, іншими словами, динамічне гальмування, з обмотки статора двигуна знімають змінна напруга й на одну або дві фази подають постійну напругу. При цьому магнітне поле буде викликати на початку вповільнення, а потім й утримання ротора в нерухомому стані. Перевагою динамічного гальмування є виділення електричної енергії в роторі двигуна, що робить непотрібним використання гальмового опору, і плавний зупинки. Але оскільки вихідна частота перетворювачем не контролюється, то час гальмування стає величиною невизначеної. Ефективність гальмування в цьому випадку в порівнянні з генераторним методом становить 30...40%.

При комбінованому способі гальмування використовується комбінація двох описаних способів, тобто на змінну складову вихідної напруги перетворювача накладається постійна складова. Цей спосіб гальмування сполучає в собі переваги обох електричних способів гальмування й дозволяє ефективно гальмувати електродвигун за короткий час виділення тепла в перетворювачі.

### 3.2.6. Системний підхід

Практика застосування частотних перетворювачів для керування

насосами й вентиляторами доводить доцільність не просто включення					Арк.
ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

перетворювача для керування агрегатом, а створення спеціалізованих систем керування технологічним процесом. Саме такий підхід дозволяє одержати економічний ефект не тільки від зниження споживаної з мережі електричної потужності, але й домогтися істотного зменшення експлуатаційних витрат, поліпшення умов праці й збільшення терміну служби встаткування. Сучасні перетворювачі частоти дозволяють одержувати більше 20 параметрів стану електропривода. Відповідна обробка цих параметрів дозволяє проводити глибоке діагностування як устаткування системи, так і процесів, що протікають. З'являється можливість не тільки реагувати на виниклу аварію, але й попереджати неї, що для енергетичних об'єктів значно важливіше.

Створення системи із частотно-частотно-регульованими приводами, у яких керування частотою здійснюється поряд з контролем цілого комплексу різних технологічних параметрів, дозволяє знизити не тільки споживання електричної енергії, але й забезпечує економію споживання енергоресурсів всієї системи.

Застосування частотно-частотно-регульованих приводів для насосів і вентиляторів у технологічних процесах дозволяє знизити енергоспоживання технологічним устаткуванням.

### **3.3 Вибір вентилятора**

Об'єктом керування й одним з основних елементів системи є вентилятор.

#### **Розглянемо принцип дії відцентрового вентилятора.**

Лопатки коліс впливають на потік і перетворюють механічну енергію в енергію перекачує вовітря, що, або газу з напрямком руху від центра колеса до його периферії. На периферії колеса рідина або газ надходить у спіральний відвід (равлика) і направляється в нагнітальний (вихідний) патрубок (дифузор), де більша частина кінетичної енергії потоку перетвориться в потенційну (енергію тиску). У такий спосіб знижується швидкість потоку, а отже, і гідравлічні втрати в гідромашині й підвищується тиск повітря або газу, що особливо важливо для вентилятора, підвищується тиск для подачі рідини на певну висоту.

При обертанні насосного або вентиляторного колеса у входу потоку на

					<i>ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лопатки колеса утвориться область зниженого тиску (вакуум). У результаті цього за рахунок атмосферного тиску рідина або газ безупинно надходять із джерела до лопаток колеса. Останнє не ставиться вчасно пуску вентилятора в хід, тому що через протечек повітря через зазор і малу відцентрову силу розрідження в корпусі виявляється недостатнім для підняття повітря із джерела, тобто відцентрові вентилятори не мають самоусмоктування при пуску. Тому перед пуском необхідно попередньо заповнювати усмоктувальний трубопровід і корпус вентилятора повітря або підводити повітря до вентилятора під напором

Систему з установкою для підвищення тиску застосовують при постійному або тривалому недоліку тиску в міській розподільній водогінній мережі.

У даному дипломному проекті розглядається система опалення із частотним перетворювачем для підвищення тиску при постійному або тривалому недоліку тиску в системі.

Вибираємо насос типу DPn: насос DPn100/160-1.1/4, з параметрами зазначеними в таблиці.

**Таблиця.3.1** Параметри вентилятора типу DPn

Вентилятор			
Марка	Подача	Напір	ККД
DPn100/160-1.1/4	17	7.5	0,5

У подібних системах використання вентиляторної установки тільки для підвищення напору недостатньо. Установка повинна забезпечувати регулювання тиску у мережі теплопостачання, з метою зниження енергетичних витрат, витрати води, а також мінімізувати кількість і габарити, використовуваної апаратури водопостачання.

Способи регулювання тиску вентиляторів й економічна обґрунтованість їхнього застосування будуть розглядатися далі.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4. Вибір двигуна

Основною ланкою в системі електропривода є електродвигун, у якості якого можуть бути використані електричні машини постійний або змінний токи. Відомо, що застосування останніх підвищує надійність електропривода, а також знижує капітальні й експлуатаційні витрати. Ці переваги, за інших рівних умов, і визначають перевага використання електропривода змінного струму.

Зробимо розрахунок необхідної потужності електродвигуна.

Розрахуємо момент опору  $M_c$  створювані на валу двигуна при роботі вентилятора:

$$M_c = k_3 g \rho Q (H + \Delta H) / (\eta_B \omega_B \eta_i)$$

де:  $Q$  - продуктивність вентилятора,  $m^3/s$ ;

$H_c$  - статичний напір, м;

$\Delta H$  - втрати напору в трубопроводі, м;

$g = 9,81$  - прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ ;

$\rho$  - щільність перекачує повітря,  $kg/m^3$ ;

$k_3$  - коефіцієнт запасу;

$\eta_n$  - КПД вентилятора;

$\omega_n$  - швидкість вентилятора,  $rad/s$ .

$$M_c = 1,1 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot 17 (7,5 + 4) / (0,5 \cdot 314 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3600) = 9,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо розрахункову потужність двигуна:

$$P_{расч} = k_3 M_c \cdot \omega_{уст} = 1,3 \cdot 9,7 \cdot 314 = 3959,54 \text{ Вт}$$

Найближчий по потужності двигун 4 кВт.

Вибираємо асинхронний електродвигун

### 3.5 Розрахунок параметрів АД.

В якості приводного двигуна використовується асинхронний двигун з коротко замкнутим ротором RA112M2. Цей двигун відповідає усім вимогам МЄК. Двигун має степінь захисту IP54

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 3.2** Номінальні дані асинхронного двигуна.

Потужність $P_n$ кВт			4
Номінальний струм, А			9
КПД, $\eta_n$ %			84
$\cos\phi_n$			0,87
$\frac{I_n}{I_n}$			6,8
$\frac{M_n}{M_n}$			2,2
$\frac{M_{\max}}{M_n}$			3,3
Момент інерції, $J$ кг/м <sup>2</sup>			0,0083
Синхронна швидкість об/хв			2895
Параметри схеми заміщення	В ном. режимі	$R_1'$	0,054
		$X_1'$	0,055
		$R_2''$	0,036
		$X_2''$	0,099
	При к.з.	$R_{2n}''$	0,038
		$R_{к.з.}$	0,091
		$R_{к.з.}$	0,11

Визначимо номінальну швидкість двигуна.

Синхронна швидкість двигуна  $\omega_0$

$$\omega_0 = 0,105 n_0$$

$$\omega_0 = 0.1053000 = 3151/c$$

$$\omega_n = \omega_0 (1 - S_H)$$

$$\omega_n = 315(1 - 0.002) = 303,975 \text{ 1/c}$$

Пусковий струм двигуна

$$I_{ном} = I_H 6,8$$

$$I_{ном} = 9 \cdot 6,8 = 61,2 \text{ А}$$

Номінальний момент двигуна

$$M_{ном} = P_{ном} / \omega_0$$

$$M_{ном} = 4/315 = 12,698 \text{ Нм}$$

$M_{п}$  - пусковий момент двигуна

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{II} = 2,2 M_{II}$$

$$M_{II} = 2,2 \cdot 12,7 = 27,93 \text{ Нм}$$

Критичне ковзання для двигуна:

$$S_{кр} = S_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$$

$$S_{кр} = 0,035 (1,5 + \sqrt{1,5^2 - 1}) = 0,0916$$

### 3.6 Розрахунок параметрів випрямляча системи ПЧ-АД.

В якості системи випрямляча обираємо систему трифазну систему випрямлення.

Випрямлену напругу трифазного мостового випрямляча дорівнює сумі випрямлених напруг катодного та анодного трифазного мостового випрямляча з нульовими виводами. Пульсації випрямленої напруги проходять з шестикратною частотою 300Гц. В випрямленій напрузі міститься вищі гармоніки з номерами кратними шостій, дванадцятій, вісімнадцятій і т.д. Максимальне значення струму вентиля залежить від характеру навантаження і складає для активно-індуктивного навантаження  $I_{vm} = I_d$ .

Діюче значення струму вентиля для активно-індуктивного навантаження складає

$$I_v = 0,577 \cdot K_I \cdot K_{охл} \cdot I_d,$$

де  $K_I = 1,3$  - коефіцієнт запасу по струму напівпровідникового ключа  $K_{охл}$  - коефіцієнт, враховуючий можливість перенапруги на вентилях.

В якості  $I_d$  випрямляча приймаємо подвійний пусковий струм АД

$$I_d = 2I_n.$$

Таким чином, діюче значення струму вентиля:

$$I_v = 0,577 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 122,4 = 119,35 \text{ А.}$$

Напруга в ланцюзі постійного струму буде дорівнювати

$$U_d = 1,17 \cdot K_3 \cdot U_H = 1,17 \cdot 1,8 \cdot 380 = 800,28 \text{ В,}$$

де  $K_3 = 1,4 \div 1,8$  коефіцієнт враховуючий можливість перенапруги на вентилях.

По розрахунковим даним обираємо силові модулі фірми "Mitsubishi



Electric" в склад яких входить 2 силових діода включених по схемі  
RM30TRM-MR20

$$R_{\vartheta}=2r_{\text{к\text{л\text{в}}}+2r_{\text{к\text{л\text{ .\text{л}}}+r_{\text{д\text{в}}}+r_{\text{ }}$$

Опір діодів при проходженні номінального струму протікаючого через обмотки статора.

Знайдемо максимальний струм статора

$$I_{max}=\frac{U\phi}{x_k}=\frac{220}{10,78}=20,4A,$$

де  $x_k=x1+x2=10,78$

Приймаємо силовий модуль на IGBT транзисторах з номінальним струмом 80А і напругою 1200В[ ].

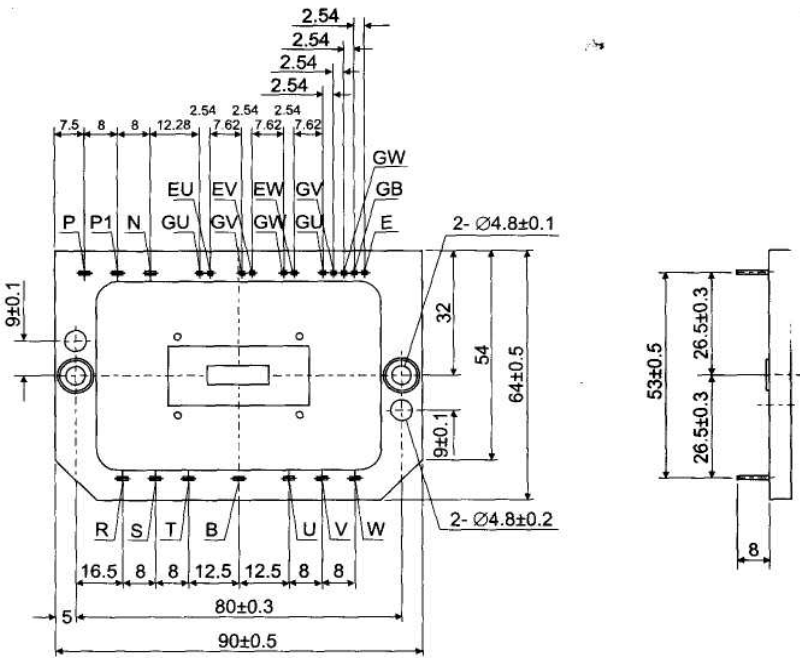
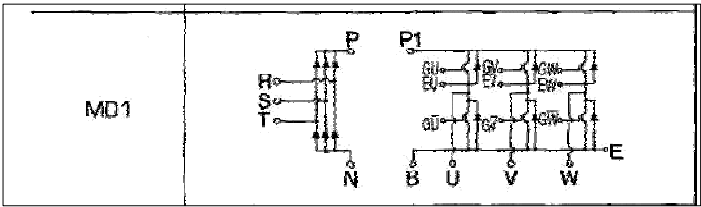


Рисунок3.5 Силовий модуль.

Перевіряємо силовий модуль по напрузі . Для мостових трифазних систем  
максимальна величина середнього значення випрямленої напруги Ud0

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

номінальна лінійна напруга двигуна  $U_{дн}$  і лінійна напруга мережі  $U_c$  зв'язані таким чином:

$$U_{до} = K_{cx} \cdot U_c = 1.35 \cdot 380 = 513 \text{ В}$$

Приймаємо число послідовно включених вентилів дорівнює 1. Знаходимо допустиму напругу на ключі:

$$U_{кл} = U_{дн} \cdot K_{з.и}$$

$K_{з.и}$  - коефіцієнт запасу по напрузі  $K_{з.и} = 2$

$$U_{кл} = 513 \cdot 2 = 1026 \text{ В.}$$

Приймаємо допустиму напругу на тиристорі рівну 1200В.

Для згладжування пульсацій випрямленого струму і обмеження швидкості підвищення струму в ланцюзі двигуна при аварійних режимах роботи перетворювача використовують сгладжуючий дросель.

Дросель вибирають по струму  $I_d$  і індуктивності із каталогу.

Індуктивність дроселя вибираємо із умови :

$$L_{др} \leq 0,15 L_{дв}.$$

Індуктивність двигуна знаходимо із реактивних опорів статора і ротору для номінального режиму роботи:

$$L_k = \frac{x_k}{314} = \frac{6,468}{314} = 0,02$$

Обираємо дросель із каталогу:

**Таблиця 3.3** Характеристики дроселю.

Тип дроселя	Ном.напруга, В	Ном.фазний струм,А	Ном.індуктивність фази мГн	Активний опір обмотки,мОм
РТСТ-82-0,505УЗ	410	82	0,505	37

Для знаходження еквівалентного опору ланцюга необхідно розрахувати активний опір ключів і випрямляючих діодів.

Опір ключа на IGBT транзисторах дорівнює :

$$r_k = \frac{\Delta U_k}{I_{d \max}} = \frac{2}{170} = 0,012 \text{ Ом}$$

де  $\Delta U_k$  - падіння напруги на ключі

$I_{дн}$  - номінальний спрямлений струм

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір діода в провіднику:

$$r_d = \frac{\Delta U_d}{I_{dH}} = \frac{1,5}{20,4} = 0,075$$

де  $\Delta U_d$  – падіння напруги на діоді  $\Delta U_d = 1,2 \div 1,5 B$

Еквівалентна індуктивність ланцюга двигуна:

$$L_{\Sigma} = L_{\kappa} + L_{op}$$

де  $L_{op}$  - індуктивність дроселя

$L_{\kappa}$  - індуктивність ланцюга двигуна

$$L_{\Sigma} = 0,02 + 0,505 \cdot 10^{-3} = 0,0205 \text{ мГн.}$$

Найдемо повний еквівалентний опір ланцюга заміщення

$$R_{\Sigma} = 2r_d + 2r_{k1} + r_{op} + r_{\kappa} = 2 \cdot 0,075 + 2 \cdot 0,15 + 37 \cdot 10^{-3} + 8,624 = 9,11,$$

де  $r_d$  - активний опір випрямленого діоду,

$r_{k1}$  - активний опір ключа інвертору

$r_{\kappa}$  - активний опір обмотки ротору та статора АД

$r_{op}$  - активний опір дроселю

Постійна електромагнітна:

$$T_{\Sigma} = L_{\Sigma} / T_{\Sigma} = 0,0205 \div 9,11 = 1,74 \cdot 10^{-3} = 1,74 \text{ мс}$$

### 3.7 Розрахунок параметрів системи ПЧ-АД для моделювання.

$$R_e = 2 \cdot (R_1 + R_2') + \frac{3}{\pi} \cdot (X_1 + X_2')$$

$$R_e = 2 \cdot (0,054 + 0,036) + \frac{3}{\pi} \cdot (0,055 + 0,099) = 0,327 \text{ Ом}$$

$$L_e = 2 \cdot (L_1 + L_2')$$

$$L_e = 2 \cdot (1,71 \cdot 10^{-4} + 1,14 \cdot 10^{-4}) = 5,69 \cdot 10^{-4}$$

$$L_1 = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f_n}$$

$$L_1 = \frac{0,054}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 1,71 \cdot 10^{-4}$$

$$L_2 = \frac{X_2}{2 \cdot \pi \cdot f_n}$$

$$L_2 = \frac{0,036}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 1,14 \cdot 10^{-4}$$

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{M_{ном}}{I_{1ном}}$$

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{12,698}{9} = 1,15$$

Номинальний момент двигуна:

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}}$$

$$M_{ном} = \frac{4 \cdot 10^3}{315} = 12,69$$

$$K_T = \frac{U_{OT\max}}{i_{\max}} = \frac{12}{57} = 0,21, \text{ де } i_{\max} = 57A;$$

$$K_c = \frac{5}{315} = 0,0158;$$

де  $\omega_{\max} = \omega_{ном} = 315 \text{ c}^{-1}$  номінальна швидкість двигуна

**Знайдемо передаточну функцію регулятора швидкості.**

Для ПІ- регулятора швидкості:

Якщо прийняти ,що  $a_c = 2$ , в  $\tau = 2$  (стандартні настройки), то отримаємо

$$W_{pc} = K_{pc} \cdot \frac{K_T \cdot J}{a_c \cdot b_T \cdot T_\mu \cdot K_M \cdot K_c}$$

$$W_{pc} = \frac{0,21 \cdot 0,0082}{2 \cdot 2 \cdot 0,01 \cdot 1,15 \cdot 0,0158} = 2,369$$

**Знаходимо передаточну функцію регулятора струму:**

$$W_{PT} = \frac{T_1 \cdot p + 1}{T_2 \cdot p}, \text{ де}$$

$$T_1 = T_e = \frac{Le}{Re}$$

$$T_1 = \frac{5,69 \cdot 10^{-4}}{0,327} = 0,00174$$

$$T_2 = a_T \cdot T_\mu \cdot \frac{K_{\text{тп}} \cdot K_T}{Re}$$

$$T_2 = 2 \cdot 0,01 \cdot \frac{38 \cdot 0,21}{0,327} = 0,488$$

**Розрахунок задатчика інтенсивності І-ого порядку.**

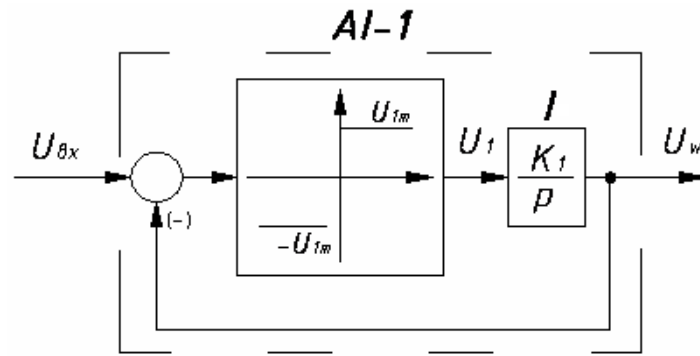
$$K_1 = \frac{0,9 \cdot M_{\max} - M_c}{J \cdot \omega_{\max}} \cdot 1$$

$$K_1 = \frac{0,9 \cdot 19,047 - 12,69}{0,0082} \cdot \frac{1}{315} = 1,72$$

Типовими задавальними пристроями в системах керування електроприводом є задатчики інтенсивності ЗІ (АІ), які забезпечують плавну зміну сигналу заданої швидкості  $U \omega$  при стрибкоподібному (ступеневому)

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переході вхідного сигналу  $U_{ВХ}$  від одного значення до іншого. Величина  $U_{ВХ}$  визначається діями машиніста-оператора (наприклад, через селісинний командоапарат) або системою автоматичного завдання необхідних координат швидкісної діаграми. На практиці широке поширення одержали задатчики інтенсивності першого ЗІ-1 (АІ-1) та другого ЗІ-2 (АІ-2) порядків.



**Рисунок 3.6** Структурна схема задатчика інтенсивності I-ого порядку.

### Програма моделювання системи ПЧ-АД(Basic).

Re=0.327:te=0.00174:kt=0.021:J=0.0082:tc=2:ad=2:tm=0.01:km=1.15:kc=0.0158

t1=0.00174:mn=12.69:t=0.002:ktn=38

t2=ad\*tm\*ktn\*kt/re

for n=0 to 100000

U1m=10:y=0.01:k1=1.72

e1=Ubx-uzc

if e1>y then U1=U1m

if e1<-y then U1=-U1m

if abs(e1)<=y then U1=0

U11=U11(0)+U1\*t

Uzc=U11\*k1

U11(0)=U11

e2=Uzc-Uoc

Uoc=w\*kc

Wpc=kt\*J/(ac\*ad\*tm\*km\*kc)

e21=e2\*Wpc

if e21>10 then Uzt=10

if e21<=-10 then Uzt=-10 else Uzt=e21

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

e3=Uzt-Uot
Uot=i*kt
e31=e31(0)+e3*t

e32=(e3*T1/t2)+e31/t2
if e32>10 then Uy=10
if e32<-10 then Uy=-10 else Uy=e32

```

```

e4=Uy-e41/tm
e41=e41(0)+e4*t
ed=e41*ktn/tm
e5=ed-(e51/te)
e51=e51(0)+e5*t
i=e51/(re*te)
m=i*km
e6=m-mc
eb=eb(0)+e6*t
w=eb/J
eb(0)=eb
e31(0)=e31
e41(0)=e41
e51(0)=e51

```

```

if n*t>=0 then Ubx=10:mc=mn
if n*t>=1/k1+5 then Ubx=0:

```

```

if n*t>=2/k1+7 then Ubx=-10:mc=-mn
if n*t>=3/k1+12 then Ubx=0:

```

```

if n*t>=1/k1+5 and abs(w)<=5 then mc=0
if n*t>=2/k1+7 and e6>0 and n*t<=3/k1+7 then e6=0
if n*t>=3/k1+12 and abs(w)<=5 then mc=0

```

200 MSRIS=w\*2: MVRIS=mc\*10:maris=Uzc/kc:MA1RIS=m\*10:DISRIS=T

.

256 NEXT N

### 3.8 Вибір елементної бази для реалізації системи управління

#### 3.8.1 Мікроконтролерна система керування асинхронним трифазним двигуном[ ].

Пропонована система керування працює від трьохфазної мережі 380В і					Арк.
ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

дозволяє плавно міняти оберти двигуна й відображати частоту інвертора на двухрозрядном цифровому індикаторі. Дискретність зміни частоти інвертора становить 1 Гц і регулюється в межах від 1 до 99 Гц. У пропонуваній схемі використовується число-імпульсний метод керування асинхронним двигуном із частотою модуляції 10 кГц, що дозволяє одержувати синусоїдальний струм на обмотках двигуна. Існує більше перспективний, широтно-імпульсний метод (ШІМ, PWM - англ.), що використовує керування зі зворотними зв'язками й без них, із частотами модуляції від 3 до 20 кГц і всілякі методи комутації, що дозволяють збільшити вихідну напругу інвертора на 15...27% у порівнянні з живильною мережею, тобто до 354...390 В. Схема складається з: керуючого пристрою D2 (застосований мікроконтролер PIC16F628-20/P, що працює на частоті 20 МГц), кнопок керування "Пуск" (SA1), "Стоп" (SA2), кнопок збільшення й зменшення частоти SA3 й SA4 відповідно, двоічносемісегментного дешифратора D1, світодіодних матриць HG1 й HG2, вузла гальмування VT9, VT10, ДО1. У силовому ланцюзі використовується трифазний мостовий драйвер D4 IR2130 фірми International Rectifier, що має три виходи для керування нижніми ключами моста й три виходи для ключів із плаваючим потенціалом керування. Дана мікросхема має систему захисту по струму, що у випадку перевантаження виключає всі ключі, а також запобігає одночасне відкривання верхніх і нижніх транзисторів, тим самим запобігає протікання наскрізних струмів. Для скидання захисту необхідно встановити всі одиниці на входах HN<sub>x</sub>, LN<sub>x</sub>. Як силові ключі застосовані Моп-транзистори IRF740. Ланцюг перевантаження складається з датчика струму R10, дільника напруги R7R9, що дозволяє точно встановити струм спрацьовування захисту, і інтегруючого ланцюжка R6C3, що запобігає помилковому спрацьовуванню струмового захисту в моменти комутацій. Напруга спрацьовування захисту становить 0,5 В по входу ITRP (D4). Після спрацьовування захисту на виході FAULT (відкритий колектор) з'являється логічний "0", запалюється світодіод HL1 і закриваються всі силові ключі. Для більше швидкої

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрядки ємностей затворів силових транзисторів можна встановити паралельно резисторам, включеним у ланцюг затвора, діоди у зворотному напрямку. Двигун необхідно включити за схемою зірки. Джерело живлення складається з потужних діодів VD11-VD14, струмоограничувального резистора R20, що фільтрує ємності C10, ємності C11, що запобігає сплескам, які виникають при комутаціях на паразитних індуктивностях схеми, а також малопотужного трансформатора T1, стабілізатора напруги 15 В D5 для живлення схеми драйвера, стабілізатора напруги 5 В D3 для живлення мікроконтролера й схеми індикації.

При використанні потужнішого двигуна замість транзисторів IRF740 можна використати IGBT-транзистори типів IRGBC20KD2-S, IRGBC30KD2-S, при цьому діоди VD7-VD10, VD15, VD16 варто випаяти. Конденсатор C11 типу K78-2 на напругу 600...1000 В. Замість VD1-VD6 бажано застосувати самі швидкі діоди типу 10DF6, а ємності C15-C17 зменшити до 2,2...4,7 мкФ, які повинні бути розраховані на напругу 50 В. Трансформатор T1 потужністю 0,5...2 Вт від калькулятора з перемотаною вторинною обмоткою. Обмотка намотана проведенням Ø0,2 і повинна видавати 19...20 В.

Друкована плата (рисунок 3.7) виконана з одnobічного склотекстоліта, для того щоб можна було скористатися утюголазерной технологією виготовлення. Світодіод HL1, матриці HG1, HG2, кнопки SA1-SA4 установлені з боку доріжок.



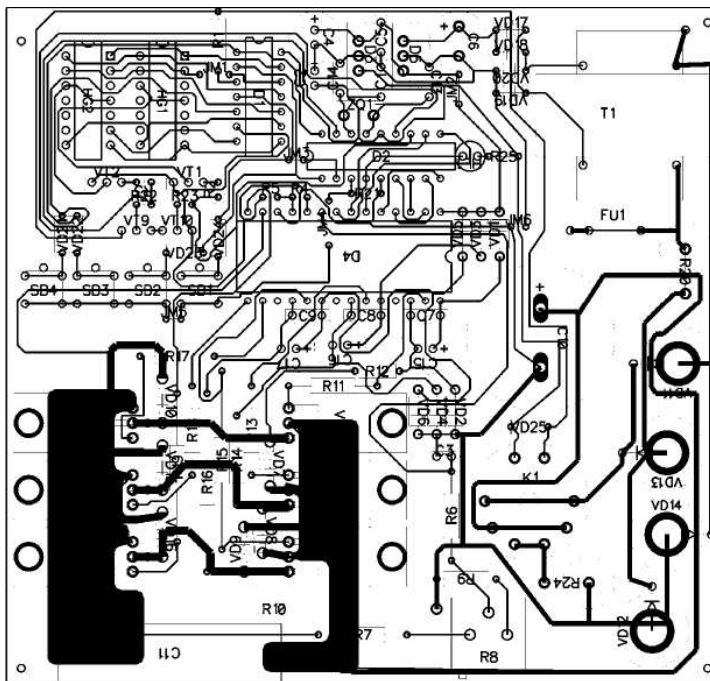


Рисунок 3.7 Друківна плата.

Нех-формат програми наведений у таблиці. У момент запису в нульовий

Таблиця 3.4 Нех-формат

:020000040000FA	:10031000040080080298A0888296C088290613F7	:10088000843485348634854893488348C348D3454
:02000000FA295B	:1003200008134C2982103F30860435292708FD0C48	:1008C0008F3490349134833494349534963498349E
:08000800C200030FC300081936	:10033000031CA029270800248A01AF07031CA22957	:1008D0008B349A349C349D349E349F34A134A2348C
:100110000C28430E8300C20E42ED90008308100F1	:100340000610800061408002708F030031CAE291C	:1008E000A304A434A634A734A834A934AA34AC34D
:100100000B116400230800258A01A1002308002683	:100350000270800248A01AF07031C80298611080072	:1008F000A304A434A634A734A834A934AA34AC34D
:100100000A01A20031842282108A607031C37288A	:1003600085158002308003031C8C292908002434	:10090000B6347348348A348B348C348D348E348F
:100100000C30A037A7042708FA3003193228220B17	:100370008401800703108E29861008008140800F5	:10091000B134C034C134C234C34C434C534C634C7
:10015000A0707031832282708FA30031C3228031983	:100380002908F03031C8A29290800248A01800767	:10092000C734C034C34C434C534C634C734C834C9
:10016000032282728FA30A7040A013314728260815	:10039000031C0C2908120800061808002908F03C48	:10093000D734C034C34C434C534C634C734C834C9
:10017000FA30031C0F2803102728A80122828FA303A	:1003A000031C0829280800248A018107031CDA2971	:10094000E634D034D134D234D34D434D534D634D7
:10018000A0602228A708031960282108A60203183F	:1003B00006110800061508002808F03031CE6296E	:10095000F34D034D134D234D34D434D534D634D7
:10019000A04F280630A602A703A708031955282208EF	:1003C0000280800248A018107031CE82986120800C3	:100960000E34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001A000A07020318528A7016428A6080319652880	:1003D0008616080083120313850170309F003F3003	:10097000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001B000A0F28A70803107228A608031965282728EF	:1003E000860080308100831603139F138080810039	:100980000E34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001C0002108A60203184F28A80133100030A80008	:1003F000030805000030800A0308080831203135C	:10099000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001D000A0A0A730A90A0A00A0F01821A712882168E	:10040000A0144F308A0080018403A018032A053013	:1009A000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001E000F7228821283189A282108A807031C8F2877	:100410009000031DA00020800020800000308	:1009B000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001F00000030A807A90A2908FA3003198A2820808	:10042000A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0A0	:1009C000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10010000A90703188A282908FA30031C8A2803191E	:100430008000000305622A00036226400319232270	:1009D000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10011000A28A282A28A28A28A28A28A28A28A28A28	:10044000B213A2A21D2A638020020319A00A362277	:1009E000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10012000FA300310C728031D7F28A8017A28FA307F	:100450003211302A01300202031DA0036228211CE	:1009F000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10013000A08027A28A908031988282108A802031808	:1004600002008C10000304228A00080020088613D0	:100A0000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10014000A728030A802A903A9080319A028202888	:1004700000238A01881786000F398400390E0F39EE	:100A1000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10015000A080203188128A9018C28A8080319D028C1	:100480008005080088188316031398080831203131C	:100A2000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10016000A728A08031DCA28A80803198D28CA285A	:10049000A108831603139A001C155630000A0A030D	:100A3000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100170002108A8020318A728A80183100030A60808	:1004A00000009C1483120313881708080813831673	:100A4000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10018000A0A0A730A70A0A080001321C8C28821764	:1004B00000031398001C141A088312031388170800E4	:100A5000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10019000A070318E2282808FA30031CE22803198A	:1004C00000A148A148207003A0103234033404387	:100A6000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001A0000630A0A7A0A2808FA300319E2282208FA	:1004D00053406340734083A0834103411341234E4	:100A7000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001B000A070318E2282808FA30031CE22803198A	:1004E00001334143415341634173418341934203470	:100A8000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001C000E228228FA30A800A01331522282A0895	:1004F000002342234234234234234234234234234	:100A9000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001D000FA30031CE228031D0728A801D228FA30C5	:100500002343034313432343343434343434343434	:100AA000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001E000A020228A808031910292108A802031871	:100510000734383439344034413442344344434408	:100AB000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1001F000FF280830A0A2803A8080319529220821	:1005200004534463447344834493450345134523494	:100AC000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10020000A80203180923A8011429A8080319152924F	:1005300005334534543455345634573458345934603420	:100AD000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10021000FF28A808031D2229A08031915292229F	:100540000613462346334643465346634673468346E	:100AE000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100220002108A8020318FF28A801331100030A800F2	:10055000069347034713472347347434753476342C	:100AF000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10023000A080A730A70A0A0801018218213862175D	:100560000773478347934803481348234833484348B	:100B0000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10024000222822813821C352985195292908083F388F	:1005700008534863487348834893490349134923444	:100B1000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:10025000860821A9621821EA2132188221821F8F	:1005800009334934943495349634973498349934A6	:100B2000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1002600000218218C21821F0C21870A2187A2364302A	:100590000A1582070034023403340534063408340F	:100B3000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100270008070321A7F290613850105140000000025	:100600000A0340340340340E34103412034133415340E	:100B4000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100280000000000051A821485018514000000008A	:10061000168418341A341B841D041E342034223448	:100B5000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100290000000000051A78298908031D829290808	:100620002342534263427342834293430343234302	:100B6000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100300000000000051A78298908031D829290808	:10063000343435343634373438343934403438345C	:100B7000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1003100005308000529803080307293030803080308	:100640000483443445344634473448344934503448345B	:100B8000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1003200080501051500000000000000051A821528	:100650000483443445344634473448344934503448345B	:100B9000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1003300080501051500000000000000051A821518	:1006600005534534543455345634573458345934603440	:100BA000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1003400004080800861732187A28861338080508A	:100670000612463346434653466346734683469346C348A	:100BB000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:100350000617321029283F30860482100130A300D0	:10068000060346346434653466346734683469346C348A	:100BC000F34E034E134E234E34E434E534E634E7
:1003600006178617FF30880F0308A003080C0038	:10069000079347A347B347C347D347E348034813482348C	:100BD000F34E034E134E234E34E434E534E634E7

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	

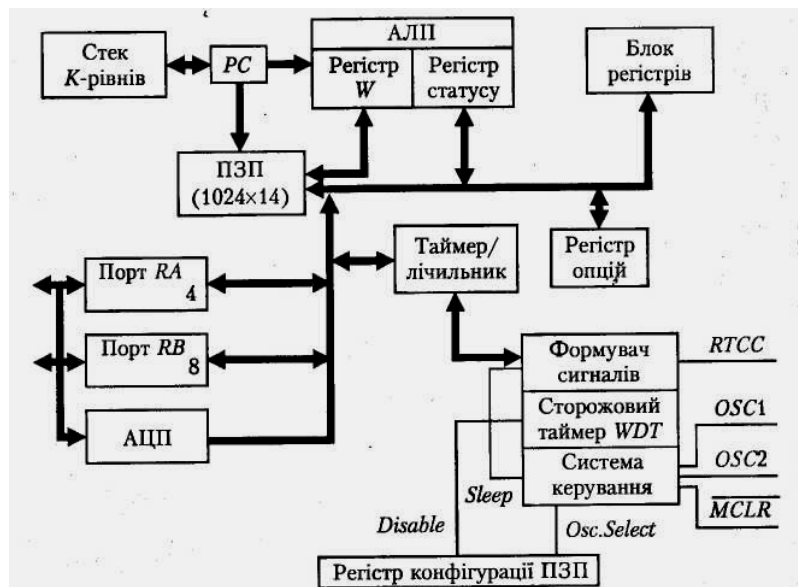
осередок ОЗУ необхідно помістити шістнадцятеричне число від 1 до 63, початкова частота інвертора

Програма виконана таким чином, що двигун стартує із плавним набором швидкості від 0 до встановленої частоти приблизно за 2 с (ця константа перебуває в осередках 0207 й 0158 таблиці). Якщо потрібно збільшити швидкість наростання у два рази, то замість кодів 3005 необхідно записати 300А.

### 3.8.2 PIC-контролери

Типові представники RISC-процесорів - PIC-контролери (*Periferial Interface Controller* - контролери периферійних інтерфейсів) виробництва фірми *MicroChip*.[ ] PIC-контролери застосовують у системах високошвидкісного керування електричними двигунами. Окремі ВІС різняться розрядністю ПЗП: від 12 до 14 біт для серії PIC16Схх, 16 біт - для серії PIC17Схх. Завдяки скороченій кількості (від 33 до 35) усі команди займають у пам'яті одне слово. Час виконання кожної команди, крім команд розгалуження, становить чотири такти - один цикл (200 не на частоті 20 МГц). ОЗП виконано за схемою з довільною вибіркою з можливістю безпосередньої адресації в коді команди до будь-якої комірки. Стек реалізовано апаратно з ємністю 2, 8 або 16 комірок. Майже в усіх PIC-контролерах є система переривань, джерелом яких може бути таймер, а також зміна станів сигналів на деяких входах. У PIC-контролерах передбачено біт захисту ПЗП, що запобігає нелегальному копіюванню.

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.8** Архітектура PIC- контролерів.

Основа архітектури - роздільні шини та області пам'яті для даних і команд. Шина даних і комірка ОЗП - 8-розрядні, а шина команд і програмна пам'ять (ПЗП) - 14-розрядні; 14-розрядна команда вибирається за один цикл.

Двоступеневий конвеєр забезпечує одночасне вибирання і виконання команди. Система команд містить 35 команд. Усі команди виконуються за один цикл, за винятком команд переходів, що виконуються за два цикли.

Структурна схема контролера містить:

- восьмирівневий апаратний стек;
- 13-розрядний програмний лічильник *PC*;
- 8-розрядний АЛП;
- ОЗП, який складається з 36 8-розрядних РЗП;
- 15 регістрів спеціальних функцій *5PK* (на рис. 8.1 показано регістри непрямої адресації №, статусу, опцій, конфігурації ПЗП);
- 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним програмовним переддільником;
- модуль АЦП із чотирма входами;
- ліній введення-виведення (4-розрядний порт *RA*, 8-розрядний порт

RB, лінія RTCC);

- сторожовий таймер WDT;
- формувач зовнішнього сигналу RTCC або сигналу сторожового таймера;
- систему керування і синхронізації з внутрішнім генератором.

PIC-контролери за своїми параметрами конкурують з однокристальними мікроЕОМ та ОМК. Деякі модифікації PIC-контролерів мають більшу швидкодію ніж ОМК. І PIC-контролери, і ОМК застосовують у вбудованих системах керування різного обладнання.

### 3.8.3 Однокристальні AVR-мікроконтролери

Однокристальні AVR-мікроконтролери (AVR-МК) являють собою 8-розрядні високопродуктивні RISC-контролери загального призначення.[ ] Їх створила група розробників дослідного центру фірми Atmel Corp. (Норвегія), ініціали яких сформували марку AVR. Особливість AVR-МК - у номенклатуру групи AT90S входять прилади з ПЗП ємністю від 1 до 8 кбайт, з різним набором периферійних пристроїв й у корпусах із кількістю виводів від 8 до 48.

Розглянемо архітектуру AVR-МК мікроконтролерів сім'ї Classic - AT90S8535 (рисунок 3.9)

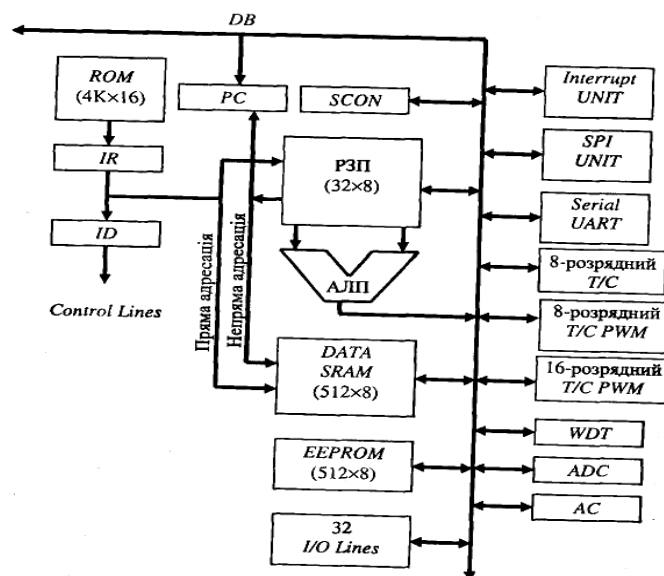


Рисунок 3.9 Архітектура AVR-МК на прикладі мікроконтролерів сім'ї Classic - AT90S8535

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролер містить гарвардський процесор, регістровий файл, пам'ять програм, пам'ять даних і різні інтерфейсні схеми (периферію).

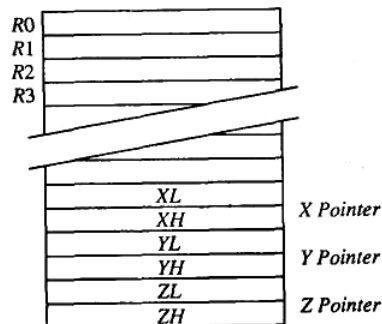
*Гарвардський процесор.* Реалізує повний логічний і фізичний розподіл не тільки адресних просторів, але й інформаційних шин для звертання до пам'яті програм і до пам'яті даних, причому способи адресування і доступу до цих масивів пам'яті також різні.

Така будова вже ближча до структури цифрових сигнальних процесорів і забезпечує істотне підвищення продуктивності. Процесор працює одночасно як із пам'яттю програм, так і з пам'яттю даних; розрядність шини пам'яті програм розширена до 16 біт. В AVR-МК використовують технологію конвеєризації, унаслідок чого цикл вибірка - виконання команди помітно скорочений. Для порівняння, у мікроконтролерів сім'ї MCS51 коротка команда виконується за 12 тактів генератора - один машинний цикл, протягом якого процесор послідовно зчитує код операції і виконує її. У PIC-контролерах фірми MicroChip, де вже реалізований конвеєр, коротка команда виконується протягом 8 періодів тактової частоти (два машинні цикли). За цей час послідовно дешифрується і зчитується код операції, виконується команда, фіксується результат і одночасно зчитується код наступної операції (однорівневий конвеєр). Тому в загальному потоці команд одна коротка команда реалізується за 4 періоди тактової частоти або за один машинний цикл. В AVR-МК теж використовують однорівневий конвеєр під час звертання до пам'яті програм і короткі команди в загальному потоці виконуються, як і в PIC-контролерах, за один машинний цикл. Головна ж відмінність у тому, що цей цикл в AVR-МК становить лише один період тактової частоти.

*Регістровий файл.* Займає молодші 32 байт у загальному адресному просторі SRAM AVR (рис. ). Шість із 32 регістрів файла можна використовувати як три 16-розрядні покажчики адреси у процесі непрямого адресування даних. Один із цих покажчиків (2 Pointer) застосовують також для доступу до даних, записаних у пам'яті програм мікроконтролера. Викори-

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стання трьох 16-розрядних покажчиків (X, Y і Z Pointers) істотно підвищує швидкість пересилання даних під час роботи прикладної програми.



**Рисунок 3.10** Регістровий файл.

*Пам'ять програм.* Усі AVR-МК мають Flash-пам'ять програм, яку можна завантажити як за допомогою звичайного програматора, так і за допомогою SPI-інтерфейсу, зокрема безпосередньо на цільовій платі. Кількість циклів, перезапису - не менше 1000.

*Пам'ять даних.* Усі AVR-МК мають також блок енергонезалежної пам'яті даних з електричним стиранням EEPROM. Цей тип пам'яті використовують для зберігання проміжних даних, різних констант, таблиць перекодувань, каліброваних коефіцієнтів тощо. Дані в EEPROM можна завантажити як через SPI-інтерфейс, так і за допомогою звичайного програматора. Кількість циклів перезапису - не менше 100 000. Два програмовні біти захисту інформації дозволяють захистити пам'ять програм і енергонезалежну пам'ять даних БЕРНОМ від несанкціонованого зчитування. Внутрішня оперативна пам'ять SRAM є у всіх AVR сімей Classic. До деяких мікроконтролерів можна підключити зовнішню пам'ять даних ємністю до 64 кбайт. Периферія AVR-МК.

Кількість незалежних ліній портів введення-виведення - від 3 до 53. Кожний розряд порту можна запрограмувати на введення або на виведення інформації. Потужні вихідні драйвери забезпечують струмову навантажувальну спроможність 20 мА на лінію порту при максимальному значенні 40 мА, що дозволяє, наприклад, безпосередньо підключати до мікроконтролера світлодіоди і біполярні транзистори. Загальне струмове

навантаження на всі лінії одного порту не має перевищувати 80 мА (усі значення наведено для напруги живлення 5 В).

Мікроконтролери AVR мають у своєму складі від 1 до 4 таймерів/лічильників загального призначення з розрядністю 8 або 16 біт, що можуть працювати і як таймери від внутрішнього джерела опорної частоти, і як лічильники зовнішніх подій із зовнішнім тактуванням.

Таймер/лічильник RTC реалізує систему реального часу. Таймер має власний переддільник, який можна програмним способом підключити або до основного внутрішнього джерела тактової частоти мікроконтролера, або до додаткового асинхронного джерела опорної частоти (наприклад, зовнішнього генератора). Для цього МК має два зовнішні виводи. Внутрішній осцилятор, навантажений на лічильний вхід таймера/лічильника RTC, оптимізовано для роботи із зовнішнім «годинниковим» кварцовим резонатором 32,768 кГц.

Нові периферійні пристрої - блок послідовного периферійного інтерфейсу (SPI), сторожовий таймер (VDT) і аналоговий компаратор (AC). Блок SPI призначено для послідовного введення і виведення даних, його використовують для програмування мікроконтролера після установки на друкарську плату.

Сторожовий таймер WDT(MATCHDOG) призначено для перезапуску програми тільки якщо з'явиться збій у ході її виконання. Програма, що працює без збоїв, періодично скидає сторожовий таймер, не допускаючи його переповнювання. Сторожовий таймер має свій власний RC-генератор, що працює на частоті 1 МГц. На вході WDT увімкнено переддільник вхідної частоти з програмовним коефіцієнтом ділення, що дозволяє регулювати часовий інтервал переповнення таймера і скидання мікроконтролера. Таймер WDT можна вимкнути програмним способом під час роботи мікроконтролера як в активному режимі, так і в будь-якому з режимів зниженого енергоспоживання. В останньому випадку це значно зменшує споживання струму.

Аналоговий компаратор AC порівнює за напругою сигнали, що

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходять на входи P1.0 і P1.1. Результат порівняння подається на вхід P1.3, що не має зовнішнього виводу.

Аналого-цифровий перетворювач ADC побудовано за класичною схемою послідовних наближень із пристроєм вибірки/зберігання (ПВЗ). Кожний з аналогових входів можна з'єднати із входом ПВЗ через аналоговий мультиплексор. Пристрій вибірки/зберігання має свій власний підсилювач, який гарантує, що вимірюваний аналоговий сигнал буде стабільним протягом усього часу перетворення. Розрядність АЦП складає 10 біт при нормованій похибці  $\pm 2$  розряди. АЦП може працювати у двох режимах - одноразового перетворення сигналу обраного каналу і послідовного циклічного опиту всіх каналів. Час перетворення вибирається програмно за допомогою установки коефіцієнта розподілу частоти спеціального переддільника, що входить до складу блока АЦП, і становить 70-280 мкс для ATmega103 та 65-260 мкс для всіх інших мікроконтролерів, що мають у своєму складі АЦП. Внутрішній тактовий генератор AVR-МК можна запускати від декількох джерел опорної частоти (зовнішній генератор, зовнішній кварцовий резонатор, внутрішнє або зовнішнє RC-коло). Оскільки AVR-МК цілком статичні, мінімальну припустиму частоту нічим не обмежено, тобто можна легко забезпечити навіть покроковий режим виконання програми. Максимальна робоча частота визначається конкретним типом мікроконтролера.

### Характеристики сімей AVR:

- *Classic AVR* - основна лінія мікроконтролерів продуктивністю до 16 MIPS, пам'ять програм Flash ROM 2-8 кбайт, пам'ять даних EEPROM 64-512 байт, пам'ять даних SRAM 128-512 байт;

У табл. наведено характеристики мікроконтролерів сімей *Classic*. У таблицях позначено:

- *Flesh- ROM* - ємність енергонезалежної пам'яті програм (у кілобайтах);
- *EEPROM*- ємність енергонезалежної пам'яті даних (у байтах);

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- *SRAM* - ємність статичної пам'яті даних (у байтах);
- *ISP* - можливість програмування мікроконтролера на цільовій платі (І) при основній напрузі живлення або можливість самопрограмування без участі зовнішнього програматора (5);
- *I/O* - кількість ліній введення-виведення;
- таймери 8/16 - кількість і розрядність таймерів/лічильників;
- *ADC (channels)* - кількість каналів АЦП.

**Таблиця 3.5** Мікроконтролери AVR сім'ї Classic.

Тип	Напруга живлення, В	Тактова частота, МГц	I/O	Flash	EEPROM	SRAM	Інтерфейси	Аналогові входи	Таймери	ISP
AT90S12	2,7–6,0 4,0–6,0	4 12	15	1 К	64	–	–	–	1×8	I
AT90S23	2,7–6,0 4,0–6,0	4 10	15	2 К	128	128	UART	–	1×8 1×16	I
AT90L2323	2,7–6,0	4	3	2 К	128	128	–	–	1×8	I
AT90S2323	4,0–6,0	10	3	2 К	128	128	–	–	1×8	I
AT90LS2343	2,7–6,0	4	5	2 К	128	128	–	–	1×8	I
AT90S2343	4,0–6,0	10	5	2 К	128	128	–	–	1×8	I
AT90LS4433	2,7–6,0	4	20	4 К	256	128	UART SPI	ADC 6×10	1×8 1×16	I
AT90S4433	4,0–6,0	8	20	4 К	256	128	UART SPI	ADC 6×10	1×8 1×16	I
AT90LS8515	2,7–6,0	4	32	8 К	512	512	UART SPI	–	2×8 1×16	I
AT90S8515	4,0–6,0	8	32	8 К	512	512	UART SPI	–	2×8 1×16	I
AT90LS8535	2,7–6,0	4	32	8 К	512	512	UART SPI	ADC 8×10	2×8 1×16	I
AT90S8535	4,0–6,0	8	32	8 К	512	512	UART SPI	ADC 8×10	2×8 1×16	I
AT90S8534	1,8–6,0	4	32	8 К	256	512	UART SPI	ADC 6×10	2×8 1×16	I

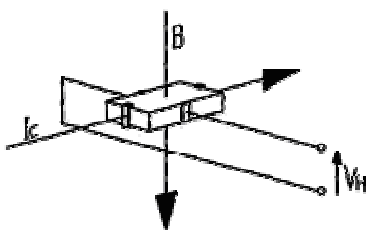
### 3.9 Вибір давачів для реалізації системи управління ПЧ-АД.

#### Давач струму.

#### Ефект Холу.

Давачі з відкритою й замкнутою петлею гістерезису засновані на використанні ефекту Холу, що був відкритий в 1879 році американським фізиком Едвином Гербертом Холлом. Ефект Холу викликається силою Лоренца, що діє на рухливі носії електричних зарядів у провіднику, коли на них діє магнітне поле перпендикулярне напрямку струму.

Тонка пластина напівпровідника перетинається уздовж струмом керування  $I_c$  (рисунок 3.13).

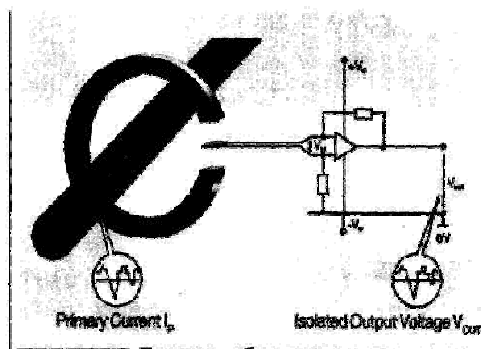


**Рисунок 3.13** Пояснення електричних параметрів ефекту Холу.

Магнітний потік  $B$  генерує силу Лоренца перпендикулярно напрямку рухливих носіїв зарядів, які й утворять струм. Це веде до зміни числа носіїв зарядів на обох кінцях пластини й створює різницю потенціалів, що є напругою Холу  $V_H$ .

**Давач струму із замкнутою петлею зворотнього зв'язку.**

Давачі з 100% зворотним зв'язком (які називають компенсаційними або давачами з нульовим потоком) мають вбудований компенсаційний ланцюг, за



допомогою якої характеристики давачів струму, що використовують ефект Холу, можуть бути істотно поліпшені[ ].

**Рисунок 3.14** Принцип роботи давача прямого посилення.

У той час як давачі прямого посилення дають вихід напруги  $V_{out}$ , пропорційний збільшеній напрузі Холу  $V_H$ , компенсаційні давачі забезпечують вихідний струм, пропорційний напрузі Холу  $V_H$ , що діє як сигнал зворотного зв'язку, щоб компенсувати магнітне поле, створюване первинним струмом  $I_p$ , магнітним полем, створюваним полем вихідного струму  $I_s$ . Таким чином, система діє при нульовому магнітному потоці в сердечнику (рисунок 3.14).

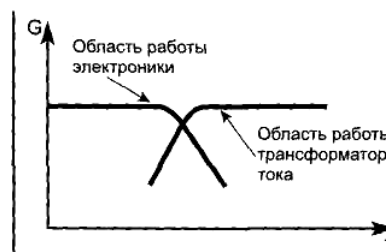
					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компенсаційні давачі здатні вимірювати постійний струм, змінний струм і струми іншої форми з гальванічною розв'язкою.

Вони виділяються наступними характеристиками:

- висока точність;
- дуже гарна лінійність;
- малий температурний дрейф;
- дуже швидкий час відгуку й широкий частотний діапазон;
- відсутність додаткових втрат у вимірювальному ланцюзі;
- застосування при наявності перешкод навколишнього середовища;
- легкість перетворення сигналу датчика в напругу;
- здатність витримувати перевантаження струму без ушкоджень.

Перетворення, зроблені давачами компенсаційного типу, виділяються відмінними частотними характеристиками. Це досягається завдяки двом факторам. Для струму низької частоти визначальним фактором є електроніка з елементом Холу. В області високих частот давач діє як трансформатор струму (рисунк 3.15).



**Рисунок 3.15** Особливість частотних характеристик давача струму з замкнутою петлею зворотнього зв'язку.

Мінімальна верхня границя частотної характеристики для більшості давачів становить 100 кГц. Деякі моделі мають діапазон від 150 до 200 кГц. Завдяки комбінованій оптимізації частотного діапазону електронної схеми й частотного діапазону трансформатора струму стає можливим охопити обидві області роботи, забезпечуючи високу точність у всьому частотному діапазоні самого давача.

Давач струму обираємо з таблиці по номінальному струму двигуна  $I=9\text{A}$ .

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

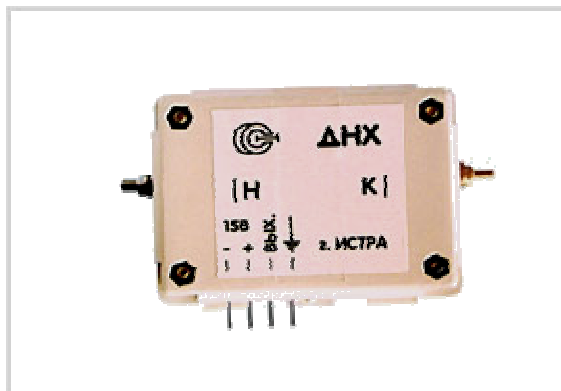
**Таблиця 3.7** Характеристики давача струму

Пристрій	Струм спожив.	Чутливість	Вихідна напруга при max струмі	Max вимірювальний струм	Напруга живлення $V_{ss}$	Діапазон робочих температур	Час спрацювання	Корпус
	мА	мВ-кількість вітків	В	А	В	°С	мкс	мм
CSLA1CD	19	49,6	$V_{ss}/2$	57	8..16	-25.+85	3	33/34/10

### Давач напруги.

#### Давач виміру постійної й змінної напруги ДНХ .

Призначений для виміру напруги постійного струму й змінного струму промислової частоти [ ]. Давач може бути використаний у різних ланцюгах.



**Рисунок 3.16** Зовнішній вигляд давача напруги.

Складається з корпуса, друкованої плати, на якій закріплений кільцевий магнітопровід. У зазорі магнітопроводу перебуває спеціальний датчик Холу, що видає сигнал, пропорційний магнітної індукції.

Таблиця 3.8 Основні технічні характеристики давача напруги:

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика	ДНХ
Діапазон вимрюваних напруг, В	50...600
Вхідний номінальний ток, I <sub>ном</sub> , мА	10
Вихідний сигнал датчика, мА *	40
Основна приведена погрешність, не более, %	1
Додаткова погрешність при вимірюванні в робочому діапазоні температур, не более, %	2
Нелінійність вихідної характеристики, не более, %	0,1
Начальний вихідний ток при нулевому вимрюваному напругу, мА	0,2
Пробивне напруга між вимрюваною та вимірною цепями, не менее, кВ	3
Напруга живлення, В	+/- 15 В (+/- 5%)
Ток споживання по цепі живлення, не более, мА	60
Діапазон робочих температур, °С	-20...+80
Габаритні розміри, мм	73,5x52,5x39

Давачі напруги компенсаційного типу, засновані на ефекті Холла, використовуються в промисловості для виявлення, реєстрації, перетворення й регулювання напруги.

Одним з типових застосувань є контроль вхідної й вихідної напруг і рівня пульсації в ланцюгах постійного струму частотних перетворювачів.

### **Енкодер.**

Для виміру швидкості обертання валу асинхронного двигуна обираю інкрементальний оптичний енкодер фірми - «Baumer Electric»[ 1].

Інкрементальні енкодери призначені для визначення швидкості обертання різних валів. Осі вала й енкодера з'єднують механічно або за допомогою гнучкої перехідної муфти, або за допомогою твердої втулки, або енкодер саджають безпосередньо на вал, якщо вісь енкодера порожня. У першому випадку корпус енкодера жорстко з'єднують із корпусом механізму, а неспівпадіння і биття компенсуються деформацією гнучкої втулки. У двох

інших випадках за допомогою штифта корпусу енкодера й механізму фіксують від провертання друг щодо друга. Усередині енкодера жорстко з валом закріплений скляний диск із темними ризиками. Джерело світла й фотоприймач розташовані по різні сторони від диска. Кількість світла, що приходить на фотоприймач, міняється залежно від положення рисок. Електронна плата перетворює сигнал з фотоприймача в дискретний вихідний сигнал. Кількість імпульсів сигналу на один оберт вала в найпростішому "випадку збігається з кількістю рисок на диску. Для підвищення точності інкрементальних енкодерів використовують метод екстраполяції. Тому що сигнал, що приходить із фотоприймача аналоговий, тобто пропорційний ступеня перекриття лучачи темної риской, те вибравши не один, а трохи порогів спрацьовування можна збільшити кількість імпульсів на один оберт вала енкодера, не міняючи числа рисок диска. Вихідний сигнал має два канали, у яких імпульси зрушені на 90° друг щодо друга. Це дозволяє визначати напрямок обертання.

**Таблиця 3.9** Основні електричні параметри інкрементального оптичного енкодера.

Електричні параметри	
Вихідний сигнал	інкрементний (канали А і В)
Сигнал визначаючий нульове положення	канал Z
Тип виходу	з активним навантаженням типу 'totempole'
Споживання струму без навантаження	Макс 45 мА
Макс. струм навантаження на канал	30 мА (захист від к.з.)
Вих. напруга згідно сигналу "0"	Макс 500 мВ при струмі I=10 мА
Вих. напруга згідно сигналу "1"	мін. 600мВ при струмі I=10мА мін. 1,3 В при струмі I=25мА
Макс. частота	300 кГц
Робоча температура	-40...+85°C

					ДП 2410.ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Вихідний сигнал	4...20 мА / 2-пров. виконання / Додатково: 0...10 В / 3-пров. виконання
Напряжение питания	12...36 В постійного струму
Опір навантаження	Струмовий вихід, 2-пров. виконання: $R_{\max} = [(U_B (В) - 12 В) / 0,02]$ Ом Вольтовий вихід, 3-пров. виконання: $R_{\min} = 10$ кОм

#### Характеристики

Основна похибка	$\leq \pm 1\% \text{ FSO 1)}$
Діапазон термокомпенсації [оС]	-25...85

#### Температурний діапазон

Вимірювальне середовище [оС]	-25...125
Електроніка [оС]	-25...85



#### **4 ОХОРОНА ПРАЦІ.**

Шкідливими виробничими чинниками є:

- підвищений рівень шуму на робочих місцях;
- підвищений рівень вібрації на робочих місцях;
- підвищена концентрація шкідливих речовин
- недостатня освітленість робочого місця.

Джерелом виникнення шкідливого виробничого чинника є:

- електродвигуни;
- насосні та вентиляторні установки;

##### **4.1 Електробезпека.**

Для електричного устаткування в адміністративній будівлі пред'являються вимоги діючих правил електроустановок, а також правил технічної експлуатації електроустановок. Електротехнічний персонал, що обслуговує електроустановки, повинний мати кваліфікаційну групу не нижче III для установок з напругою до 1000 В і не нижче IV для установок з напругою вище 1000 В. У підземних виробках застосовують мережі з ізолюваної нейтраллю трансформаторів і генераторів. Виключення складають тільки спеціальні трансформатори, призначені для живлення електровозної відкатки.

Гранично припустимі величини напруги дотику  $U_{\text{пр}}$  і сили струму по ДСН "Гранично припустимі рівні напруг і струмів" при нормальному режимі роботи для змінного струму із частотою 50Гц наступні:  $U_{\text{пр}} = 42 \text{ В}$ ,  $I = 0.3 \text{ мА}$ .

Для усунення небезпеки поразки людей електричним струмом використовують такі способи й засоби захисту, як:

- перед допуском до роботи працівники проходять інструктаж з техніки безпеки;

					2410 ДП ОА-з51-1 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Заболотний			Охорона праці				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Козлов С. С.										
Реценз.									Кпі ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.												
Затверд.												

– усунута небезпека поразки електричним струмом з появою напруги на корпусі, кожухах й інших неструмоведучих частинах стенда, що забезпечується застосуванням захисного заземлення.

Основні елементи системи електробезпеки зводяться до застосування:

- захисту від дотику до струмоведучих частин;
- зниженої напруги для ручних електроапаратів і машин;
- індивідуальних засобів захисту;
- захисного заземлення й занулення.

Згідно ПУЕ захисному заземленню підлягають всі металеві частини електричних установок, які не перебувають під напругою, але можуть виявитися під ним у випадку ушкодження ізоляції.

ПУЕ обмежують найбільший опір заземлення:

1) для електроустановок  $V < 1000 \text{ В}$ : при сумарній потужності генераторів або трансформаторів у мережі потужністю не більше 100 кВт або 100 кВ·А - 10 Ом; в інших випадках 4 Ом;

2) для електроустановок  $V > 1000 \text{ В}$ : при ефективно заземленої нейтралі мережі - 0,5 Ом; при ізольованій нейтралі живильної мережі й умові, що заземлювальник використовується тільки для електроустановок:

$$V > 1000 \text{ В} - 250 / I_3 \leq 10 \text{ Ом};$$

3) те ж, але за умови, що заземлювальник використовується для електроустановок

$V < 1000 \text{ В} - 125 / I_3$  при цьому приймається найменш розрахований опір або необхідне для електроустановок  $V < 1000 \text{ В}$ .

Монтаж, налагодження, експлуатацію і ремонт електроустаткування виконують у строгій відповідності з паспортами й інструкціями заводів виготовлювачів електроустаткування, а також відповідно до ПУ, ПТБ при експлуатації електроустановок і правил попередження нещасних випадків і виробничої санітарії. Категорично забороняється торкатися руками, чи одягом предметами, (у тому числі, і не провідниками електричного струму) частин

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричних машин, що знаходяться під напругою в робочому режимі і навіть у тому випадку, коли вони

відключені. Забороняється самовільно включати і виключати рубильники крім аварійних і нещасних випадків. Про всі замічені несправності, що можуть викликати ураження електричним струмом, варто негайно повідомити бригадира, майстра, чергового електромонтера. Щоб уникнути ураження електричним струмом не можна торкатися проводів силової мережі, якщо навіть після зовнішнього огляду цілісність ізоляції не викликає підозри

## 4.2 Параметри виробничого шуму

Шумом називається всякий небажаний звук. Як фізичне явище - це сукупність звуків різної частоти й інтенсивності. Людське вухо здатне сприймати звукові коливання на частотах від 20Гц до 20кГц. Діапазон амплітуд коливань тиску чутного звуку від  $2 \cdot 10^{-5}$  Па (порог чутності) до  $2 \cdot 10^{-2}$  Па (порог болючого відчуття).

Найбільша чутливість має місце на середніх і високих частотах 800...4000Гц) і найменша - на низьких (20... 100Гц). По походженню шуми поділяються на:

- механічні, виникаючі в результаті руху окремих вузлів і деталей установок, машин;
- аеродинамічні, що виникають в результаті витікання стиснутого повітря, чи газів переміщення газоподібних середовищ з великою швидкістю;
- гідродинамічні, виникаючі внаслідок стаціонарних і нестаціонарних процесів у рідинах;
- електромагнітні, виникаючі в електричних машинах, установках, приладах і апаратах (шум силових трансформаторів за рахунок дії магнітострикції).

Нормування шуму здійснюється відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку".

Сутність виміру шуму полягає у визначенні рівня звуку і рівнів звукових тисків у фіксованих смугах частот (октавних) нормованого діапазон} 40....10000Гц).

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У табл. 4.2. вказані граничні рівні звуку залежно від категорії важкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності.

Таблиця 4.2 Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружена	80	80	75	75
II. Помірно напружена	70	70	65	65
III. Напружена	60	60	-	-
IV. Дуже напружена	50	50	-	-

Рівень шуму на досліджуваному робочому місці не перевищує 50дБА, а в залах обробки інформації на обчислювальних машинах - 65дБ. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, фанеровані звукопоглинальними матеріалами.

#### 4.3 Електромагнітне і іонізуюче випромінювання

Більшість вчених вважає, що як короткочасна, так і тривала дія всіх видів випромінювання від екрану монітора не небезпечна для здоров'я персоналу, обслуговуючого комп'ютери. Проте вичерпних даних щодо небезпеки дії випромінювання від моніторів на працюючих з комп'ютерами не існує.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 4.3.

Максимальний рівень рентгенівського випромінювання на робочому місці оператора комп'ютера звичайно не перевищує 10мкбзр/ч, а інтенсивність ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань від екрану монітора лежить в межах 10...100мВт/м<sup>2</sup>.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань (відповідно до СанПіН 2.2.2.542-96).

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця .4.3 Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих учбових закладів	20кВ/м 15кВ/м

Напруженість електричної складової електромагнітного поля на досліджуваному робочому місці  $E=10$  В/м, напруженість магнітної складової електромагнітного поля на досліджуваному робочому місці  $H=0,3$  А/м.

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99), встановлювати захисні екрани, а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

#### 4.4 Пожежна безпека і план ліквідації аварій

Спеціальні вимоги пожежної безпеки при монтажі систем пожежної сигналізації.

1. При монтажі СПС на пальні поверхні (дерев'яні стіни, щити) на 110 мм застосовують вогнезахисні типові матеріали (метал, цемент, текстоліт, пластик).

2. Монтаж лінійної частини (шлейфів, сполучних і інтерфейсних ліній, ліній живлення апаратури УПС) виконують типовими проектними рішеннями відповідно до технічних карт, вимогами СПІВ, ВСН 25-09-68-85, загальних інструкцій.

3. Приміщення з прийомною апаратурою повинні бути обладнані засобами пожежогасіння відповідно до вимог ВСН 25-09-68-85.

Ступінь потенційної небезпеки приміщень, будівель, споруд, технологічних процесів т. інше характеризуються категорією вибухопожежної та пожежної безпекою. Згідно з НАПБ Б.07.005-86 (ОНТП 24-86/МВД ССРСР) „Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности."

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виділяють п'ять категорій вибухопожежної та пожежної безпеки, позначають їх літерами А, Б, В, Д, Г та десять класів згідно ПУЕ.

Так, згідно класифікації приміщення диспетчерської відноситься до категорії Д - приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини і матеріали у холодному стані.

Для гасіння пожеж в приміщенні знаходяться вогнегасники марки: порошкові-ОП-5, які використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку.

В даному приміщенні непередбачена автоматична система пожежегасіння, але приміщення обладнано сповіщувачами пожежними тепловими. Сповіщувачі ИП 105-2/1 застосовуються для роботи у закритих приміщеннях Наземних стаціонарних об'єктів з метою видачі інформації про пожежу при досягненні температури навколишнього повітря 70°C. Сповіщувачі розраховано на безперебійну цілодобову роботу в установках пожежної та охоронно-пожежної сигналізації, що сприймають інформацію про обрив шлейфу сигналізації.

Інформація від сповіщувачів надходить до приймально-контрольного охоронно-пожежного приладу "Рубін-бА", що призначений для автономної і централізованої охорони об'єктів, обладнаних електроконтактними і сгрумоспоживаючими охоронними і пожежними сповіщувачами. Прилад повідомляє про події, що відбуваються на об'єкті, і забезпечує включення пристроїв сповіщення і передачу сповіщень на пульт централізованого спостереження (ПЦС).

#### **4.5 Розрахунок системи штучного освітлення в приміщенні для установки устаткування системи автоматизації**

У цій частині буде зроблений розрахунок освітлення робочого місця оператора. Раціональне освітлення приміщень - один з найважливіших чинників, від яких залежить ефективність трудової діяльності людини. Добре освітлення необхідне для виконання більшості задач оператора. Для того, щоб спланувати раціональну систему освітлення, враховується специфіка робочого завдання, для

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чого створюється система освітлення, швидкість і точність, з якою це робоче завдання повинне виконуватися, тривалість його виконання і різні зміни в умовах виконання робочих операцій.

Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їх типу і розміщення. виходячи з цього, розрахуємо параметри штучного освітлення.

Звичайно штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання і люмінесцентних ламп. використовуватимемо люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами вжарювання мають ряд істотних переваг:

- по спектральному складу світла вони близькі до денного, природного світла;
- володіють вищим ККД (у 1,5-2 рази вище, ніж ККД ламп розжарювання); володіють підвищеною світловіддачею (у 3-4 рази вище, ніж у ламп вжарювання);
- триваліший термін служби.

Розрахунок освітлення робимо для кімнати площею 11,25м<sup>2</sup>, ширина якої 5м, довжина - 4,5м, висота - 3,1 м., кількість вікон 1, кількість робочих місць 2, мір стін - блідо-зелений, стеля - біла, підлога темно-сіра.

У приміщенні, де знаходиться робоче місце оператора використовується змішане освітлення, тобто поєднання природного і штучного освітлення. Як природний - бічне освітлення через вікно. Штучне освітлення використовується при недостатньому природному освітленні. У даному приміщенні використовується загальне штучне освітлення.

Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, падаючий на поверхню по формулі:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n},$$

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Е - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається по таблиці). Роботу оператора, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде  $E = 300 \text{ Лк}$ ;

С - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку  $S = 11,25 \text{ м}^2$ );

З - відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1... 1,2, нехай  $Z = 1,1$ );

К - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, і в нашому випадку  $K = 1,5$ );

п - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, падаючого на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризується коефіцієнтами віддзеркалення від стін (РС) і стелі (РП)). Коефіцієнт віддзеркалення побіленої стелі  $\text{РП} = 70\%$ ; коефіцієнт віддзеркалення від стін, забарвлених в світлу фарбу  $\text{РС} = 50\%$ ; коефіцієнт віддзеркалення від підлоги, покритої лінолеумом темного кольору  $\text{РР} = 10\%$ .

Значення п визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h(A+B)},$$

де S - площа приміщення,  $S = 11,25 \text{ м}^2$ ; h - висота підвісу,  $h = 3 \text{ м}$ ; А - ширина приміщення,  $A = 2,5 \text{ м}$ ; В - довжина приміщення,  $B = 4,5 \text{ м}$ . Підставивши значення одержимо:

$$I = \frac{11,25}{3 \cdot (2,5 + 4,5)} = 0,54$$

Знаючи індекс приміщення I, по таблиці знаходимо  $p = 0,22$  Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F:

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 11,25 \cdot 1,1}{0,22} = 25312,5 \text{ Лм}$$

Для освітлення вибираємо люмінесцентні лампи типа ЛБ40-1, світловий потік яких  $F = 4320 \text{ Лк}$ .

Розрахуємо необхідну кількість ламп по формулі:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}$$

$N$  - визначуване число ламп;

$F$  - світловий потік,  $F = 25312,5 \text{ Лм}$ ;

$F_{\text{л}}$  - світловий потік лампи,  $F_{\text{л}} = 4320 \text{ Лм}$ .

$$N = \frac{25312,5}{4320} = 6 \text{ од.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами.

#### 4.6 Організаційні заходи, що забезпечують безпеку роботи системи автоматизації

1. Організаційні заходи, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках, є:

- Оформлення роботи нарядом-допуском чи Розпорядженням переліком робіт, виконуваних у порядку поточної експлуатації;
- Допуск до роботи;
- Нагляд під час роботи;
- Оформлення перерви в роботі, перекладом на інші робочі місця, закінчення робіт.

2. Роботи з поряд при монтажі системи пожежної сигналізації (УПС), а також при ремонті і монтажі силових електроустановок і здійснюється відповідно до вимог ПТЕ і ПТБ.

3. За розпорядженням і в порядку поточної експлуатації

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробляються роботи з технічного обслуговування і ремонту засобів УПС і інших електроустановок.

4. Розпорядження на провадження робіт має право віддавати керівний інженерно-технічний працівник.

5. Розпорядження передається чи безпосередньо за допомогою засобів зв'язку з наступним записом у журналі довільної форми.

Розпорядження має разовий характер, строк його дії залежить від тривалості робочого дня виконавця.

6. До виконуваного за розпорядженням роботам без зняття напруги вдалині від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, відносяться:

- роботи зі збирання, скошуванню трави і розчищенню від снігу території уздовж зони периметральної сигналізації, що має струмопровідні елементи конструкцій;

- збирання приміщень посад центрального спостереження, у тому числі за панелями системи й іншої апаратури. Чищення й обтирання корпусів, кожухів електроустаткування, що знаходиться під напругою;

- ремонт освітлювальної апаратури і заміна ламп, ремонт апаратури телефонного зв'язку, поновлення написів на кожухах устаткування огороження і т.п., якщо це передбачено планами поточної експлуатації.

7. До виконуваного за розпорядженням роботам зі зняттям напруги відносяться:

- ремонт апаратури посад централізованого спостереження, зміна запобіжників і ремонт освітлювальної проводки;

- ремонт шлейфів блокування, інтерфейсних ліній зв'язку і найпростіших сповіщувачів у приміщенні з підвищеною небезпекою й в особливо небезпечних приміщеннях.

Допускається виконання зазначених робіт одній особі з групою не нижче 3. Ці види робіт проводяться також ІТП і електромонтерами в порядку точної експлуатації.

					2410 ДП ОА-351-1 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань.

1. “Теплотехника для студентов ВУЗов”. под редакцией А.П.Баксакова, 2-е издания, Москва, Энергоатомиздат 1991 р.
2. „Теплоснабжение”, под редакцией В.С.Козина, ТА. Левина, А.П. Маркова та ін.. Москва, Вища школа, 1980 р.
3. „Системи опалення. Проектування та експлуатація” Під редакцією А.Я. Ткачука, Київ, 1985 р.
4. Довідник по теплопостачанню та вентиляції, Під редакцією Р.В. Фокіна. Київ 1976 р.
5. СНІП 3.05.03-85 „Теплові мережі”
6. Тимчасові правила обліку відпускання і споживання теплової енергії, Київ, 1996 р.
7. „Системи кондиціонування і вентиляції. Проектування і експлуатація”, Євроклімат, 2000 р.
8. „Электроснабжение промышленных предприятий”, под редакцией Б.И.Кудрина, В.В.Прокопчика, „Высшая школа”, 1988р.
9. „Основы электроснабжения промышленных предприятий”, под редакцией А. А. Федорова. "Энергия", Москва, 1972 р.
10. Правила устройства электроустановок», Энергоатомиздат, 1985 р.
11. „Практикум з охорони праці” ,під редакцією В.Ц. Житецького та ін., Львів, вид. „Афіша”, 2000 р.
12. .Щорічний всеукраїнський каталог „Опалення, водопостачання та вентиляція”.
13. .Економіка підприємства” , навчальний посібник, під редакцією І.О. Примак, Київ, „Вікар” 2002р.
14. „Економіка підприємства” , навчальний посібник, під редакцією Т.П.Макаровської, Н.М. Бондар, Київ, 2003р.
15. „Основы жизнедеятельности людини”, під редакцією В.А. Гайченко, Коваль. Київ 2002р

					ДП 2410.ОА-12 16 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. протипожежній безпеці.
2. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
3. Правила устройства электроустановок. – М: Электроатомиздат, 1986.
4. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів ТЕФ (частина І). Укл.: М. О. Халімовський, О. М. Халімовський. - К.: НТУУ “КПІ” - ННДІОП, 1999. - 20с.
5. В.В.Москаленко Электрический привод. – М.: Высшая школа, 1991.
6. Попов Б.М. Водоотливные установки. Справочное пособие.- М.: Недра, 1990.
7. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1990.
8. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
9. Справочник по экономии топливо-энергетических ресурсов. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. – К.: Техника, 1985.
10. Кнорринг Г.М. Справочник для проектирования электрического освещения.-Л.: Энергия, 1968.
11. РТМ 36.18132.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок. – К.: Тяжпромэлектропроект, 1992.
12. Электрическая часть электростанций и подстанций / Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
13. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберг. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
14. П.В.Лобачев Насосы и насосные станции. – М.: Сторойиздат, 1990
15. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини. – Львів: Магнолія плюс, 2005.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по разделу “ Электропривод машин и установок горных предприятий ” - К.: НТУУ “КПІ”, 1995.
17. Энергосберегающие алгоритмы управления взаимосвязанным электроприводом центробежных турбомеханизмов / Ковалев В. З., Мельников В. Ю., Бородацкий Е. Г. - Омск: ОмГТУ. 2000.
18. Асинхронный частотный электропривод как регулирующий орган насосной станции системы водооборота глиноземного производства. Труды двенадцатой науч.-техн. конф. “ Электроприводы переменного тока” Копырин В. С, Бородацкий Е. Г., Ткачук А. А. - Екатеринбург: УГТУ, 2001.
19. Алиев И.И. Электротехнический справочник – М.: РадиоСофт, 2001.